ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 OCTOBRE 1912.

PRÉSIDENCE DE M. LIPPMANN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. Eriksson, de Jaczewski, Marchal, Membres du *Congrès de Pathologie;* MM. Battelli, Blumbach, Fœrster, Raoul Gautier, Lecointe, Righi, Van de Sande Backhuysen, Vanni, Membres du *Congrès de l'Heure*, qui assistent à la séance.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Remarques complémentaires sur les protubérances, alignements et filaments de l'atmosphère solaire supérieure. Influence du champ électrique solaire.* Note de M. **H. Deslandres.**

J'ai consacré, le mois dernier, une Note des *Comptes rendus* (voir même Tome, p. 531) aux relations des protubérances avec les filaments et alignements des couches supérieures de l'atmosphère solaire. Cette question, qui préoccupe actuellement les astronomes solaires, est fort importante; mais, dans cette première Note, je n'ai pu exposer que brièvement les résultats obtenus à Meudon. Je suis conduit à la compléter et à ajouter quelques détails nouveaux.

1° J'ai indiqué d'abord dans cette première Note, ou plutôt j'ai rappelé la relation suivante, nettement révélée par nos épreuves qui donnent à la fois, avec la même pose, les alignements ou filaments intérieurs au bord et les protubérances extérieures.

En général, au point du bord où est une protubérance, aboutit un ali-

gnement ou un filament. Cette relation est vérifiée dans la grande majorité des cas; et lorsque l'alignement manque à la protubérance, on peut attribuer son absence à la mauvaise qualité des images astronomiques, ou au fait que la base de la protubérance et l'alignement sont à une distance notable en arrière du bord et masqués par lui.

Le manquement inverse se produit aussi et même assez souvent : un alignement, bien net au bord, n'est pas toujours accompagné d'une protubérance (voir les trois soleils de la Note précédente). On sait d'ailleurs que la protubérance, lorsqu'elle est présente, n'a pas une hauteur proportionnée à la netteté de l'alignement; et comme l'appareil décèle seulement les protubérances au delà d'une certaine hauteur, variable d'ailleurs avec l'état du ciel, la loi annoncée ne s'applique qu'à ces protubérances. Il est très probable cependant que tout alignement correspond à une élévation, grande ou petite, de la chromosphère; il faudra, pour compléter la recherche, employer avec le spectrohéliographe une image du Soleil plus grande fournie par un objectif plus puissant, et dans les conditions atmosphériques les meilleures.

2° Les alignements et filaments sont donc en liaison certaine avec les protubérances qui sont les parties les plus hautes de l'atmosphère gazeuse du Soleil; ils sont aussi en relations avec les couches plus basses, et par l'intermédiaire des plages faculaires brillantes.

Les éléments caractéristiques des quatre couches superposées, actuellement distinguées chaque jour dans le Soleil (surface et trois couches gazeuses de l'atmosphère), sont, en effet : d'une part, les points noirs appelés *taches*, spéciaux aux couches basses, et les lignes noires des filaments et alignements, spéciales aux couches élevées; d'autre part, les éléments brillants, facules et plages faculaires, qui sont à la même place dans les quatre couches avec de simples variations de forme, et constituent un phénomène plus stable et plus général. Or, comme je l'ai indiqué dans la Note précédente, les plages faculaires de la couche supérieure sont souvent entourées d'une sorte de polygone noir, dont les côtes prolongées sont de grands alignements [1]. La figure 3 de cette Note, qui reproduit la couche supérieure du 2 juin 1912, en fournit un exemple; elle offre une grande facule, représentée grossièrement par des hachures, qui a un entourage

---

[1] Les plages noires de la couche supérieure, signalées par d'Azambuja et moi en 1908 (*Comptes rendus*, t. 147, p. 334) et appelées *circumfacules*, sont en relations étroites avec les polygones noirs présentés ici et circonscrits à la plage faculaire.

d'alignements. Même, cette facule est divisée en trois parties, et les intervalles de ces parties sont occupés aussi par des alignements fins qui n'ont pas été représentés pour simplifier le dessin.

D'une manière générale, les divisions des facules correspondent à un alignement; et le fait est bien visible dans les images solaires de quatre jours différents publiées en 1908 (*Comptes rendus*, t. 147, p. 1018). Lorsqu'une plage faculaire se dissout, elle se divise en concamérations qui sont séparées par un réseau local d'alignements dont quelques-uns s'étendent à grande distance. J'ai observé récemment un long alignement qui était tangent à deux plages faculaires très distantes, et qui, dans l'intervalle, traversait une troisième plage faculaire en voie de dissolution [1].

Lorsque la plage faculaire est petite, les alignements paraissent souvent rayonner de son centre; et l'on peut rattacher à ce phénomène les filaments fins et courbes, signalés à plusieurs reprises, qui passent par une tache.

Tous ces faits montrent bien la grande importance de ces lignes nouvelles du calcium qui sont les alignements; elles constituent un lien visible entre tous les éléments caractéristiques de l'atmosphère solaire, et doivent jouer un grand rôle dans sa circulation générale. Il convient donc de les étudier et de les suivre avec le plus grand soin; ce qui n'est pas toujours facile. Ils sont moins stables que les filaments, et leur visibilité, en général assez faible, subit des variations fréquentes, dues à notre atmosphère, et aussi à des causes purement solaires. De plus, l'Observatoire de Meudon est le seul qui enregistre (depuis 1908) les formes de la couche supérieure avec le spectrohéliographe, et aussi les mouvements radiaux avec le spectroenregistreur des vitesses, et notre série a naturellement les lacunes qui tiennent aux périodes de mauvais temps.

3° L'atmosphère entière du Soleil est certainement ionisée; tous les auteurs sont en accord sur ce point et aussi sur le signe de l'électrisation générale qui serait positive [2]. Or, l'année dernière, j'ai expliqué simplement les principaux phénomènes de la couche supérieure par des actions magnétiques et électriques entre les ions et électrons solaires, sans oublier les actions aérodynamiques qui doivent jouer aussi un certain rôle (voir

---

(1) Cette relation des facules et des alignements est plus nettement discernable sur les épreuves du minimum de taches (années 1911 et 1912), qui ont des plages faculaires moins nombreuses et séparées par une distance plus grande.

(2) Autrement dit, la somme algébrique des charges prises avec leur signe serait positive. Il y aurait une succession de couches alternativement positives et négatives, et au moins une couche basse positive et une couche plus haute négative.

Comptes rendus, t. 152, p. 1433 et 1541, et t. 153, p. 10, 221 et 442). La théorie électronique soulève, comme on sait, des objections sérieuses, non encore résolues, avec les liquides et solides, mais elle s'applique admirablement aux gaz, et en particulier aux gaz raréfiés, illuminés électriquement. Ces dernières conditions sont justement celles de la couche supérieure, et l'on comprend que, dans les deux cas, le résultat soit satisfaisant.

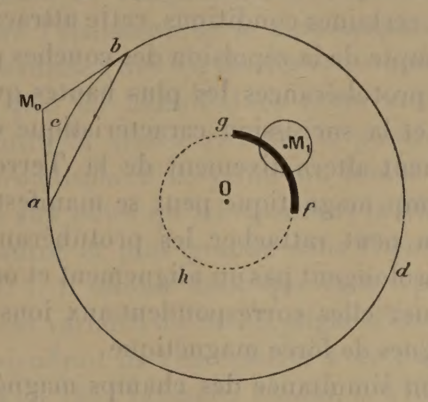
Dans la couche supérieure et ses dépendances extérieures, l'intervention constante d'un champ magnétique général, faible et analogue au champ terrestre, ne paraît pas douteuse. La forme hélicoïdale des hautes protubérances et leurs variations alternatives du signe de la vitesse radiale dans le sens vertical ne sont explicables que par une force magnétique; il est même possible d'en tirer une valeur approchée de cette force (*Comptes rendus*, t. 152, p. 1433). Ce champ magnétique explique avec la même aisance l'augmentation de la vitesse angulaire de rotation, reconnue à la base des protubérances, sur les filaments et la couche supérieure entière, et aussi les petites lignes de forme spirale appelées *solar vortices* par Hale. En même temps j'ai remarqué que, par un processus inverse, le champ magnétique spécial aux couches basses de l'atmosphère pourrait expliquer la rotation moins rapide de ces couches, variable avec la latitude.

De plus, d'après les mesures antérieures de vitesse radiale, le gaz de la couche supérieure, ou tout au moins les ions de ce gaz, s'élèvent dans les filaments et descendent au contraire sur l'ensemble de la couche; ils sont déviés horizontalement par le champ magnétique, et comme ils sont déviés dans le même sens avec des vitesses opposées, il faut nécessairement que les charges électriques dans le filament et la couche supérieure aient des signes contraires. Tel est le second résultat, fort curieux, des recherches antérieures.

Quant aux mouvements verticaux de ces ions, ils ont été rapportés à de grands courants de convection, ou au champ électrique solaire. Comme j'ai très peu développé jusqu'ici les effets dus à ce champ électrique, je suis conduit à compléter sur ce point mes Notes antérieures.

Ce champ rend aisément compte de plusieurs particularités des protubérances, si l'on fait deux suppositions qui, certes, sont plausibles, mais qui, dans l'état actuel des recherches, sont des hypothèses. Aussi, les résultats sont moins fermes que ceux du champ magnétique, appuyés seulement sur des faits. L'ionisation de la couche supérieure, comme on l'a vu plus haut, diffère par le signe de celle des filaments; j'admets qu'elle est aussi opposée

par le signe à celle des alignements, et, de plus, qu'elle a une intensité notablement moindre. Si donc, pour la commodité de l'exposition, on la suppose négative (ce qui est d'ailleurs l'hypothèse la plus probable), les alignements et filaments sont positifs, de même que l'ensemble des couches basses qui imposent leur signe positif au Soleil.



Considérons le champ électrique dû à la couche supérieure en un point M extérieur, situé dans le plan du tableau (voir la figure ci-dessus); avec une ionisation uniforme, il a la direction MO. Si *ab* est le petit cercle de contact de la sphère avec le cône tangent issu de M, la petite calotte *abc* a la même influence sur la force en M que la grande surface *adb*; et tout changement de la densité ou intensité d'ionisation en *acb*, a une influence notable sur la direction et l'intensité de la force en M.

Transportons maintenant le point M en M_1 à l'intérieur, plus près de la surface, et tout à côté d'un alignement qui, sur une portion notable *fg* de sa longueur, se confond presque avec un petit cercle *fgh* de la sphère. On a représenté le petit cercle de contact avec le cône issu de M. Or, les ions positifs de *fg*, à cause de l'ionisation plus forte de l'alignement, tendent à s'éloigner dans le plan *fgh*; la force électrique n'est plus normale à la sphère, mais inclinée comme le petit cercle *fgh*. On retrouve ainsi la propriété reconnue expérimentalement sur les protubérances, et résumée dans la Note précédente: En général, la protubérance prolonge l'alignement qui lui correspond au bord, comme si elle avait tendance à rester dans le plan de l'alignement ([1]). Cette propriété se vérifie surtout sur les protubérances courtes et faibles et sur la base des protubérances plus longues.

([1]) Dans la Note précédente, j'ai admis une autre explication du phénomène; je l'ai attribué à un mouvement horizontal du gaz de l'alignement, ce mouvement étant en accord avec certains faits d'observation et certaines théories. Des mesures plus

Lorsque la protubérance fait un angle aigu avec le bord et est assez longue, parfois elle se recourbe pour rejoindre le bord plus loin en dessinant une sorte de parabole. Ici encore, le champ électrique doit intervenir; car, lorsque l'ion positif s'éloigne de l'alignement, la répulsion due à l'alignement diminue très vite, alors que l'attraction de la couche supérieure négative reste constante; sous certaines conditions, cette attraction peut l'emporter, même si l'on tient compte de la répulsion des couches positives plus basses.

Enfin, ce sont les protubérances les plus hautes qui offrent nettement des jets hélicoïdaux, et la succession caractéristique de parties qui s'éloignent et se rapprochent alternativement de la Terre. Pour celles-là, en effet, l'action du champ magnétique peut se manifester plus longuement. A cette catégorie on peut rattacher les protubérances qui, sans vitesse radiale sensible, ne prolongent pas un alignement et ont plutôt la direction du champ magnétique; elles correspondent aux ions de faible vitesse qui s'enroulent sur les lignes de force magnétique.

En résumé, l'action simultanée des champs magnétiques et électriques fournit une explication simple des principales particularités des protubérances ([1]).

4° J'ai admis ci-dessus des variations locales du signe et de la densité de l'ionisation dans la couche supérieure. On est conduit à supposer aussi des variations générales de la densité électrique dans l'ensemble de la couche et de l'atmosphère entière.

Les trois causes principales d'ionisation des gaz solaires (voir *Comptes rendus*, t. 153, p. 10) n'ont pas toujours la même action à toutes les latitudes. En particulier, les électrons négatifs qui sont envoyés vers le Soleil par les particules extérieures sous l'influence de son rayonnement ultra-violet, doivent être plus nombreux dans la zone équatoriale, surtout au moment d'un minimum de taches, alors que la couronne très étendue est concentrée dans cette même zone. Il en résulte une électrisation positive plus forte aux pôles qu'à l'équateur, et donc un allongement de l'astre dans la direction des pôles.

---

longues de vitesses radiales permettront de décider si une seule des explications ou les deux à la fois sont à conserver.

L'ionisation de l'alignement, supposée différente par le signe et la densité, peut tenir à de grands courants de convection qui amènent dans la couche supérieure négative les ions positifs plus nombreux des couches basses.

([1]) J'écarte ici les protubérances, classées parmi les éruptives et assez rares, qui ont tous les caractères d'une explosion, et seront examinées à part.

Or, les mesures nombreuses faites sur la surface solaire ont donné la plupart, comme on sait, un diamètre polaire plus grand que le diamètre équatorial; mais la différence est extrêmement petite et considérée comme incertaine.

J'ai pensé que cet allongement pouvait être plus prononcé dans l'atmosphère gazeuse de l'astre, et, récemment, avec l'aide de Burson, astronome assistant, j'ai mesuré l'épaisseur de la chromosphère moyenne sur trois épreuves de vitesse radiale (des 14 février et 10 août 1911 et du 25 avril 1912), choisies un peu au hasard dans notre collection. Ces épreuves donnent en effet, outre la vitesse radiale, la position exacte du bord et la hauteur de la chromosphère moyenne ou totale. Or, l'épaisseur a été trouvée plus grande aux pôles qu'à l'équateur, la différence étant variable d'une épreuve à l'autre et plus grande dans l'hémisphère sud que dans l'hémisphère nord ([1]). Il semble donc que cette épaisseur de la chromosphère soit un élément variable du Soleil, digne d'être relevé d'une manière continue; et il conviendrait de l'enregistrer avec des spectrographes rotatifs, déja préconisés en 1891 (*Comptes rendus*, t. 113, p. 307), qui placent tous les points du bord exactement dans les mêmes conditions.

Cette mesure nouvelle, il est vrai, s'ajouterait à beaucoup d'autres qui déjà sont négligées, à cause de l'insuffisance du personnel de l'Observatoire. Les épreuves de vitesse radiale, qui enregistrent tous les éléments de la question, sont les plus utiles, mais aussi extrêmement longues à mesurer; et, en fait, les documents s'accumulent dans notre collection, sans pouvoir être utilisés. Il devient de plus en plus nécessaire d'organiser à Meudon un bureau spécial de mesures.

([1]) Les épaisseurs moyennes de la chromosphère, mesurées sur ces épreuves dans l'hémisphère sud et exprimées en divisions du micromètre, sont en effet, dans l'ordre des dates : de 0° à 15° de latitude, 2,50, 3,00 et 2,40; et de 75° à 90°, 3,50, 3,75 et 3,10. Les différences d'épaisseur entre le pôle sud et l'équateur sud sont alors : 1,00, 0,75 et 0,70.

Sur ces épreuves, il semble aussi que le minimum d'épaisseur soit non à l'équateur même, mais vers 20° de latitude.

Ces épreuves ont été faites avec un cœlostat et un enregistreur de vitesse, dénué d'astigmatisme, qui juxtapose les spectres de sections parallèles dans le Soleil. Il serait meilleur d'avoir un enregistreur rotatif, fixé à un équatorial.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Jaugeage de cours d'eau par l'analyse chimique.* Note de M. **Th. Schlœsing** père.

Dans les *Comptes rendus* du deuxième semestre de l'année 1863, j'ai publié un procédé de jaugeage des fluides fondé sur l'analyse chimique, qui peut être résumé dans les termes suivants : Dans un fluide s'écoulant dans un canal, à raison d'un volume V par seconde, on verse un second fluide, à raison d'un volume v par seconde, miscible au premier et contenant, par unité de volume, une quantité T d'un corps chimiquement dosable avec précision : dans le mélange, on dose ce même corps, et l'on en trouve une quantité t par unité de volume. La quantité vT de ce corps versée en une seconde dans le courant du fluide, se retrouve entière dans le mélange formé, et l'on a $vT = (V + v)t$, d'où $V = v\left(\frac{T}{t} - 1\right)$. On voit que la détermination de V dépend de deux autres : celle de v, à laquelle on peut donner une extrême précision, et celle du rapport $\frac{T}{t}$, non moins précis, si le corps auxiliaire a été bien choisi.

Je ne sais si cette méthode a reçu quelque part une application industrielle; il est probable qu'elle a été laissée de côté, puis oubliée, faute de renseignements pratiques sur son emploi en divers cas.

L'ayant mise à contribution dernièrement pour mesurer l'eau de mer introduite dans une saline au moyen de vis d'Archimède, je vais dire comment j'ai opéré, dans la pensée de rendre peut-être service aux ingénieurs désireux de connaître exactement les débits des cours d'eau auxquels ils empruntent leur force motrice.

J'avais à élever l'eau à $1^m,20$ au-dessus du niveau moyen de la mer. C'était trop pour une seule vis, bien que son enveloppe eût 4^m de long sur $0^m,80$ de diamètre intérieur. J'en ai placé deux pareilles à la suite l'une de l'autre, élevant chacune l'eau à une hauteur de $0^m,60$. Un bassin recevait l'eau de la première et alimentait la deuxième. Le niveau de l'eau y était constant; par suite la deuxième vis avait, par tour, un débit invariable.

J'omets tout détail sur l'installation de ces vis, pour en venir sans retard à mon sujet.

Dans l'application de la méthode, l'opérateur dispose du volume v; mais il convient évidemment de le grandir d'autant plus que le volume V est lui-même plus considérable; il y a aussi un choix à faire, selon sa grandeur,

entre divers moyens de produire un débit constant de liquide ou de gaz. Dans le cas où je me trouvais, il suffisait de transformer un récipient étanche en vase de Mariotte gradué, de façon que les volumes de liquide dépensé fussent déduits de deux lectures d'une règle divisée appliquée derrière un tube à niveau.

Le corps auxiliaire, auquel j'ai eu recours, est l'ammoniaque, substance que tout chimiste sait doser avec précision, et qu'on trouve en abondance, à l'état de sulfate, partout où l'on emploie les engrais chimiques. J'ai dissous une soixantaine de kilos de ce sel dans de l'eau de mer.

Voici maintenant comment mon expérience a été conduite :

La dissolution de sulfate d'ammoniaque contenait à peu près 280^g de sel par litre. Elle avait été clarifiée par un long repos avant d'être introduite dans le récipient. Sous le tube par lequel elle devait s'écouler était disposé un entonnoir adapté à un tuyau de plomb qui l'amenait au milieu de la nappe d'eau jaillissant de la première vis; avec cette nappe elle tombait dans le bassin de la deuxième vis, où s'opérait un premier brassage des deux liquides. Un second brassage avait encore lieu quand le mélange sortait de la deuxième vis et s'étalait en bouillonnant sur le fond, de 2^m de large, du canal qui conduisait les eaux à la saline.

Après avoir débouché mon récipient, je n'ai pas tardé à entendre le barbotage de l'air apporté par le tube de Mariotte. Dès lors, certain de la constance de l'écoulement, j'ai commencé à compter le temps à l'aide d'un compte-seconde, à l'instant précis où le ménisque du liquide a passé, dans le tube à niveau, sur un trait de la règle qui a été noté; puis j'ai attendu 5 minutes, temps plus que suffisant pendant lequel un régime ammoniacal permanent s'est établi dans le bassin, la deuxième vis, et une certaine longueur du canal. Après, j'ai procédé à l'échantillonnage du mélange d'eau de mer et de dissolution ammoniacale. A 20^m au delà de l'origine du canal, je puisais l'eau avec une mesure de 200^{cm^3}, successivement en trois points marqués par des piquets, de façon à échantillonner trois segments égaux composant la section transversale du courant. Trois flacons ont reçu chacun dix prises faites près d'un même piquet : leurs contenus en étaient donc des moyennes. De retour à mon récipient après cette opération, j'ai arrêté le compte-seconde à l'instant où le ménisque du liquide a coïncidé dans le tube à niveau avec une division de la règle : l'expérience était terminée.

Il restait à doser l'ammoniaque dans les liquides des trois flacons et dans la dissolution de sulfate. Voici les valeurs des quantités v, T, t, qui figurent dans l'équation $V = v\left(\frac{T}{t} - 1\right)$, déduites de mes observations et de mes analyses.

Valeur de v. — Temps compté : 17 minutes 2,5 secondes, soit 1022,5 secondes; volume de dissolution écoulé dans ce temps : depuis 70^{mm} jusqu'à 460^{mm}, d'après ma

Table : $104^{l},170$; d'où

$$v = \frac{104^{l},170}{1022,5} = 0^{l},1019.$$

Valeurs de t et T. — Ammoniaque AzH^3 dans 1^{l} : 1er flacon $0^{g},0763$; 2e flacon $0^{g},0761$; 3e flacon $0^{g},0750$; moyenne (t) : $0^{g},0758$.

Ammoniaque AzH^3 dans 1^{l} de la dissolution de sulfate : $(T) = 66^{g},280$.

En définitive, j'ai trouvé

$$V = 0^{l},1010\left(\frac{66,28}{0,0758} - 1\right) = 89^{l};$$

tel était le débit de mon canal par seconde.

Mais le nombre qu'il importe surtout de connaître, quand il s'agit d'un appareil élévatoire tel qu'une vis, est celui des litres débités à chaque tour : j'ai donc compté le nombre de tours exécutés par la deuxième vis en une minute, avant et après mon expérience. J'ai trouvé les deux fois 29,1. Le volume d'eau débité en une minute étant $89^{l} \times 60 = 5340^{l}$, on a : débit par tour de la vis

$$\frac{5340^{l}}{29,1} = 183^{l},4;$$

il me paraît utile, avant de finir, de dire comment j'ai procédé à mes dosages d'ammoniaque, en vue d'obtenir pour le rapport $\frac{T}{t}$ la plus grande approximation possible.

J'ai d'abord déterminé cet alcali dans les liquides de mes trois flacons, et obtenu la valeur de t. Ainsi renseigné, j'ai pu diluer dans l'eau de mer un volume connu, 50^{cm^3}, de la dissolution de sulfate dont je connaissais à peu près la teneur en ammoniaque, de manière à obtenir un volume u d'un titre t_1 voisin de t, puis j'ai dosé l'ammoniaque en u, sans rien changer à mon mode opératoire. En suite de ces manipulations, T prenait l'expression suivante :

T = 1000 fois $\frac{ut_1}{50}$ $\left(\frac{ut_1}{50}\right.$ est l'ammoniaque contenue dans 1^{cm^3} de dissolution de sulfate$\left.\right)$ et j'avais finalement

$$V = v\left(\frac{1000}{50}u\frac{t_1}{t} - 1\right);$$

or le rapport $\frac{t_1}{t}$ est voisin de l'unité; d'autre part, tous les dosages d'ammoniaque ont été faits dans des conditions presque identiques; les erreurs

dues à la méthode ou à l'opérateur sont donc de même ordre et de même sens et affectent peu un rapport dont les termes sont presque égaux. Même la correction due à la présence de l'ammoniaque dans l'eau de mer devient insignifiante. Les autres quantités v, u, 50^{cm^3} ayant été mesurées avec toute l'approximation désirable, la valeur obtenue pour V me paraît tout à fait satisfaisante.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La loi d'action de masse. Dernière réponse à M. Colson.* Note de M. **Henry Le Chatelier.**

M. Colson cherche à ouvrir un nouveau débat au sujet de la loi d'action de masse. La discussion du mois de juin est, en effet, définitivement close par l'aveu même de son auteur qui a reconnu l'inexactitude de ses raisonnements.

Dans sa nouvelle Note, M. Colson soulève une demi-douzaine de questions différentes et met en cause, pour les opposer les uns aux autres, un nombre égal de savants: Van 't Hoff, Nernst, Bodenstein, Potier, M. Lemoine et moi-même, mais il n'apporte aucun fait nouveau et se contente d'invoquer d'anciennes expériences, vieilles quelques-unes d'un demi-siècle déjà, en ne choisissant pas toujours les meilleures d'entre elles. Avec de semblables méthodes de discussion, on peut à chaque instant tout remettre en cause, le principe de conservation de l'Énergie, comme celui de l'attraction universelle.

M. Colson désire visiblement, en m'opposant les travaux de M. Lemoine, m'amener à contester la précision des expériences de notre éminent confrère. Je refuse de le suivre sur ce terrain et je considère, au moins en ce qui me concerne, le débat comme définitivement clos.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la respiration des plantes vertes.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy.**

Depuis maintenant un siècle que l'étude de la respiration des plantes est entrée dans le domaine de la physiologie générale, un grand nombre de travaux se sont succédé, qui nous ont fait connaître la nature des échanges gazeux qui la caractérisent, ainsi que les principales circonstances, extérieures ou d'origine interne, qui la modifient. Et cependant, étant donnée l'impor-

tance capitale qu'il présente au point de vue des équilibres qui doivent nécessairement s'établir entre les deux fonctions adverses, respiratoire et chlorophyllienne, on n'est encore que très mal renseigné en ce qui concerne le rapport $\frac{CO^2}{O}$ chez les plantes.

Cela tient à ce que la plupart des auteurs qui se sont occupés de cette question ont, à l'exemple de Th. de Saussure, qui fut un précurseur dans cette voie, cherché bien moins à en déterminer la vraie grandeur qu'à en donner des valeurs simplement comparatives. Variables avec le mode opératoire, leur moindre défaut n'est pas d'être souvent prises comme absolues alors qu'elles ne sont que relatives; il en résulte que, malgré le très grand nombre de recherches effectuées sur ce sujet, il est encore impossible aujourd'hui de savoir si, au cours de sa respiration nocturne, telle ou telle plante perd ou gagne de l'oxygène; impossible même de se rendre compte à l'avance de l'approximation à laquelle on pourra prétendre, car jusqu'à présent personne n'a eu l'idée de soumettre les différentes méthodes en usage à un contrôle sérieux, encore moins d'en donner une théorie rationnelle.

C'est cet examen préalable des méthodes et des conditions dans lesquelles on doit les mettre en pratique qui va nous occuper tout d'abord.

En premier lieu nous signalerons une cause d'erreur des plus importantes et dont jusqu'à présent il n'a été tenu aucun compte dans cet ordre de recherches, c'est la décroissance parfois extraordinairement rapide du quotient respiratoire chez un organe végétal fraîchement coupé.

Entre autres observateurs, Borodin a fait voir autrefois que l'activité de la respiration, chez *Cratægus monogyna*, *Spiræa opulifolia* et d'autres, est réduite de moitié après 12 heures et des deux tiers après 24 heures de séjour à l'obscurité. Le phénomène est constant, quant à son sens, mais on admet généralement qu'il ne se manifeste qu'après un repos assez prolongé; nous avons reconnu que dans le cas des plantes très jeunes, qui n'ont pas encore atteint leur maximum d'activité assimilatrice, il peut se produire en un temps beaucoup plus court, après 1 heure et demie à 2 heures, par exemple, lorsqu'on opère sur des organes détachés et, ce qui est plus grave, qu'il entraîne une diminution corrélative du rapport $\frac{CO^2}{O}$.

Beaucoup moins rapide, quoique assez net encore, si les feuilles sont restées, lors de leur mise dans la chambre noire, adhérentes à un rameau coupé, cet effet devient à peu près insensible pendant une dizaine d'heures, c'est-à-dire l'espace d'une nuit moyenne de printemps, quand ce rameau

est maintenu à l'obscurité sur sa souche ou, ce qui revient au même, lorsque les feuilles sont prises sur une plante privée de lumière pendant le même temps dans toutes ses parties.

Nous rapporterons ici quelques-uns de nos résultats les plus caractéristiques sur ce sujet; on remarquera particulièrement les expériences du Troène et du Lilas, dans lesquelles on voit la chute du quotient respiratoire se produire beaucoup plus vite chez les feuilles très jeunes que sur les feuilles adultes.

Feuilles détachées et conservées à l'obscurité; valeurs de $\frac{CO^2}{O}$ (¹).

	h			h m			h m	
Troène adulte.	16	1,02	Troène jeune.	1.30	1,05	Aucuba jeune.	1.30	1,15
	24	0,98		5	0,80		4	1,06
	41	0,88	Lilas jeune.	1.30	1,10		52	0,96
Lilas adulte.	5	1,03		2.30	0,99	Blé jeune.	1	1,04
	9	1,00		4	0,95		3	0,98
	24	0,92	Rosier jeune.	1	1,04		4	0,91
Fusain jeune.	1	1,10		4	0,95	Chou rave.	1	1,14
	3	1,05	Oseille jeune.	1.30	1,10		3.30	1,10
	7	0,94		4	0,91		6	0,90
Marronnier jeune.	1	1,04	Marronnier pétioles.	4	1,05	Pois jeune.	2	1,04
	7	0,87		7	0,91		4	0,94

Influence du séjour préalable de la plante à l'obscurité.

		$\frac{CO^2}{O}$.
Chou rave.	Feuilles fraîches	1,15
	Après 18^h d'obscurité (plante entière)	1,17
	Après 42^h » »	1,08
Troène.	Feuilles fraîches	1,04
	Après 16^h d'obscurité (rameau coupé)	1,02
Tabac.	Feuilles fraîches	1,01
	Après 16^h d'obscurité (plante entière)	0,99
Oseille.	Feuilles fraîches	1,06
	Après 16^h d'obscurité sur place (plante entière)	1,04
Blé.	Feuilles fraîches	1,05
	Après 16^h d'obscurité sur place (plante entière)	1,05

(¹) Nous ferons connaître plus tard les méthodes qui nous ont servi à déterminer ces rapports.

Influence du séjour préalable de la plante à l'obscurité (suite).

		$\frac{CO^2}{O}$
Marronnier très jeune.	Feuilles fraîches	1,06
	Après 16^h d'obscurité sur place (branche voilée)	1,02
	Après 7^h d'obscurité à 9° (branche coupée)	0,97
	Après 3 jours » »	0,89
	La même après 4^h30^m d'insolation	0,97
Lilas très jeune.	Feuilles fraîches	1,12
	Après 16^h d'obscurité sur place (branche voilée)	1,13
	Après 7^h d'obscurité (branche coupée)	1,02
	Après 20^h » »	0,98
	La même après 3^h d'insolation	1,05

Si la feuille respire lentement et, par suite, consomme peu, elle s'épuise naturellement moins vite; c'est ainsi qu'on trouve pour l'*Aspidistra* (vieilles feuilles, hiver) $\frac{CO^2}{O} = 0,94$ après 17 heures, 0,95 après 24 heures et encore 0,94 après 40 heures. La Joubarbe (*Sempervivum tectorum*), dont le quotient respiratoire à 25° en hiver est égal à 1,09-1,11, donne encore $\frac{CO^2}{O} = 1,02$ après 54 heures d'obscurité, portant sur la plante entière ou sur des feuilles détachées, et il en est de même avec beaucoup d'autres plantes grasses.

Avec le *Phyllocactus grandiflorus* on a trouvé comme valeur du quotient respiratoire à 25° (hiver) 1,04 pendant les 23 premières heures, puis 1,00 après 30 heures et 0,97 après 48 heures; avec le *Sedum acre*, toujours en hiver et à 25°, on a trouvé 1,03 pendant les 30 premières heures et 0,97 après 48 heures; avec le *Cotyledon ramosissima* 1,05 pendant les 23 premières heures, puis 1,02 après 30 heures, 0,98 après 48 heures et 0,95 après 74 heures. Pour l'*Euphorbia mamillaris* $\frac{CO^2}{O} = 1,05$ après 16 heures, 0,99 après 24 heures et 0,94 après 48 heures; enfin, pour le *Crassula portulacea* on a trouvé 0,99 pendant les 22 premières heures, 0,94 après 41 heures, 0,93 après 50 heures et 0,88 après 65 heures.

Nous ferons remarquer expressément que ces considérations, dans le cas des plantes grasses, ne leur sont applicables que pendant la saison d'hiver, alors que, la luminosité étant peu intense et la température peu élevée, elles peuvent se maintenir facilement en équilibre avec le milieu extérieur. En été, les choses se passent parfois d'une tout autre manière.

Le décroissement progressif du quotient respiratoire, chez les organes végétaux adaptés au milieu, est une véritable loi physiologique que, au cours de près d'un millier d'observations, nous n'avons jamais trouvée en défaut; il témoigne d'un épuisement continu des principes qui servent à entretenir la respiration normale et paraît être avant tout fonction de la quantité d'acide carbonique émis par la feuille depuis le début de son séjour à l'obscurité. Nous avons vu plus haut qu'il est plus rapide chez les feuilles qui respirent vite que chez celles qui respirent lentement; c'est pour la même raison qu'on l'observe au mieux quand on opère avec des organes très jeunes, dont la respiration est de deux à dix fois plus active que celle des feuilles adultes ou vieillies.

Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ garde plus longtemps sa valeur lorsque la plante est soumise à une basse température parce qu'alors, sa respiration étant moins intense, elle consomme, toutes choses égales d'ailleurs, une moins grande quantité de principes alimentaires. L'expérience suivante, qui porte sur deux rameaux semblables de Marronnier (avril 1912), est particulièrement démonstrative à ce sujet.

	$\frac{CO^2}{O}$ à 25°.
Branche coupée, après 7 heures d'obscurité à 9°...	0,97
Branche coupée, après 7 heures d'obscurité à 15°...	0,86

Cette substance respiratoire, dont la nature nous échappe, mais dont la présence dans les organes fraîchement cueillis est rendue manifeste par la décroissance continue du rapport $\frac{CO^2}{O}$, ne s'y rencontre qu'en très faible quantité; mais elle se trouve en réserve dans les tissus non chlorophylliens, puisque les feuilles s'épuisent moins vite lorsqu'elles sont adhérentes à la tige que lorsqu'elles en ont été séparées; on a là un exemple remarquable de la tendance qu'ont toutes les parties d'une même plante à se mettre en équilibre de composition les unes par rapport aux autres, par un transport approprié des principes qu'elles renferment; enfin ces résultats sont absolument conformes à ceux déjà obtenus autrefois par Borodin, qui a vu la substance respiratoire se régénérer rapidement par l'insolation.

Dans les expériences qui viennent d'être rapportées, il nous a suffi de 3 heures d'éclairement pour faire remonter le quotient respiratoire de 0,98 à 1,05 sur un rameau de Lilas partiellement épuisé et de 4 heures et demie pour passer de 0,89 à 0,97 dans le cas d'une branche de Marronnier qu'on avait maintenue pendant 3 jours pleins à l'abri de la lumière.

Une forte insolation ou un changement brusque de température peut quelquefois produire l'effet inverse, par un mécanisme dont nous nous contenterons de dire pour le moment, d'accord en cela avec tous les auteurs qui se sont occupés de la question, qu'il est en rapport étroit avec la composition du suc cellulaire. Nous y reviendrons.

En dehors de cette circonstance exceptionnelle, les considérations exposées ci-dessus relativement à la conservation du quotient respiratoire initial chez les feuilles restées adhérentes à la plante mère et maintenues à une température relativement basse, permettent de croire que, dans le cours d'une nuit entière, ce même rapport garde généralement une valeur constante et très proche de celle qu'on trouve dès le début sur une feuille semblable cueillie en plein jour, par conséquent travaillant dans toute la plénitude de ses fonctions naturelles. C'est pourquoi nous appellerons désormais cette valeur, que personne n'a encore songé à déterminer avant nous, bien qu'elle soit la seule réellement intéressante, *quotient respiratoire normal* ou *quotient respiratoire réel*.

En résumé, il est nécessaire, lorsqu'on se propose de déterminer le quotient respiratoire réel d'un organe végétal détaché de sa souche, de prendre celui-ci sur un sujet en état d'équilibre dans toutes ses parties et d'opérer en un temps très court, à une température voisine de celle qu'il possédait au moment de la cueillette. Si, en outre, deux expériences d'inégale durée conduisent à des résultats différents, le plus faible correspondant au plus long temps, c'est toujours le plus fort qu'il faudra choisir comme étant le plus adéquate aux conditions naturelles de la végétation.

A côté de cette cause d'erreur il en est encore d'autres, qui tiennent à ce que la feuille en expérience n'est pas adaptée à son nouveau milieu ou à ce que les méthodes employées pour la détermination du coefficient respiratoire ne sont pas appropriées à cet objet; c'est ce que nous ferons voir dans une prochaine Communication, en discutant leurs principes et leur application.

M. Ch. Lallemand fait hommage à l'Académie d'un exemplaire de la deuxième édition de son Ouvrage intitulé *Nivellement de haute précision*. On y trouve des suppléments concernant la précision comparée des grands réseaux européens de nivellement, l'installation et l'observation des médimarémètres, etc.

M. A. Laveran s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de la deuxième édition de l'Ouvrage que nous avons publié, M. Mesnil et moi, sous le titre de *Trypanosomes et Trypanosomiases*.

La question des trypanosomes a été l'objet, dans ces dernières années, d'un nombre énorme de travaux; nous avons dû, par suite, élargir beaucoup le cadre du Volume publié en 1904.

Les dix premiers Chapitres sont consacrés à l'étude générale des trypanosomes et des trypanosomiases.

Dans la partie spéciale de l'Ouvrage, plusieurs Chapitres sont consacrés à l'étude de trypanosomiases nouvellement décrites. Les Chapitres anciens ont été complétés; c'est ainsi que de nombreuses additions ont dû être faites au Chapitre relatif à la maladie du sommeil.

Les trypanosomiases occupent aujourd'hui une place importante dans la pathologie médicale et dans la pathologie vétérinaire; nous espérons que cet Ouvrage sera utile aux praticiens, comme aux savants qui poursuivent, dans les laboratoires, l'étude des trypanosomiases.

M. Alfred Picard fait hommage à l'Académie du *Rapport de la Commission permanente des valeurs de douane, session de* 1912.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Influence de l'hygiène et de la puériculture sur le nombre des bassins rétrécis en France, par A. Magnan. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

ASTRONOMIE. — *Découverte et observations de la comète 1912 b* (Schaumasse) *faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Nice.* Note de M. A. SCHAUMASSE, présentée par M. Bassot.

Dates. 1912.	Temps moyen de Nice.	ΔR.	ΔD.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	Déclin. apparente.	Log. fact. parall.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″	
Oct. 18......	17. 5. 6	+0.27,73	+2.13,5	15:10	9.57.37,64	$\bar{1},485_n$	+1.35.31,1	0,775
» 19......	15.47.42	+0.31,47	+5.39,1	18:10	10. 0.15,30	$\bar{1},588_n$	+0.27.45,3	0,783
» 19......	16.46.17	+0.38,06	+2.43,0	16:10	10. 0.21,89	$\bar{1},482_n$	+0.24.49,2	0,782

Positions des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	R moyenne 1912,0.	Réduction au jour.	Déclinaison moyenne 1912,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
2392 + 1	8,5	9.57. 8,38	+ 1,53	+ 1.33.18,2	— 0,6	A.G. Albany, 3932
2608 + 0	9,3	9.59.42,27	+ 1,56	+ 0.22. 6,9	— 0,7	Schjellerup, 3697

Remarques. — Oct. 18. La comète a paru de gr. 11,5; le crépuscule a empêché de la décrire.

Oct. 19. La comète présente la forme d'une nébulosité arrondie de 3′ environ de diamètre. Vers le milieu se trouve une condensation mal définie de gr. 10,5-11. Le ciel était très brumeux, surtout pendant la première observation.

ASTRONOMIE. — *Observations de la nouvelle comète Gale* (1912 *a*). Note de M. GIACOBINI, présentée par M. B. Baillaud.

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie une série ininterrompue d'observations de la comète Gale, faites à l'Observatoire de Paris (équatorial de la tour de l'Est de $0^m,40$ d'ouverture).

Dates. 1912.	Temps moyen de Paris.	ΔR.	Δδ.	Nombre de comp.	Asc. droite apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″	
Oct. 3......	6.44.51	+ 1.34,08	— 0. 2,4	12: 6	15.24. 2,41	$\bar{1},537$	— 3.15.27,7	0,831
» 4......	6.53.18	— 4.48,38	+ 0.29,9	9: 6	15.26.24,66	$\bar{1},537$	— 2. 0.16,6	0,830
» 5......	6.35.26	+ 0.11,84	+ 6.40,9	12:10	15.28.38,84	$\bar{1},530$	— 0.46.45,5	0,827
» 6......	6.38. 6	+ 3.12,80	+ 1.11,0	12: 8	15.30.47,54	$\bar{1},530$	+ 0.25.56,9	0,828
» 7......	7. 3. 6	— 0.19,04	— 4.11,6	12:10	15.32.51,94	$\bar{1},558$	+ 1.38.20,6	0,820
» 8......	6.55.44	— 0.52,30	— 2.36,8	12: 6	15.34.47,30	$\bar{1},554$	+ 2.47.45,2	0,814
» 9......	6.39.46	+ 3.18,92	— 0. 0,4	12: 6	15.36.36,25	$\bar{1},541$	+ 3.55.17,5	0,810

Dates. 1912.	Temps moyen de Paris.	ΔR.	$\Delta\delta$.	Nombre de comp.	Asc. droite apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Oct. 10......	6.35.25	— 2.33,37	+ 2.54,3	12: 6	15.38.20,77	$\bar{1}$,543	+ 5. 2. 5,2	0,806	8
» 11......	6.40.44	— 5.52,39	— 5.24,7	12: 8	15.40. 0,82	$\bar{1}$,549	+ 6. 7.48,2	0,801	9
» 12......	6.28.21	+ 3. 0,18	+ 1.38,6	12: 8	15.41.34,65	$\bar{1}$,543	+ 7.11.21,7	0,797	10
» 13......	6.22.21	+ 1.46,51	+ 1.40,4	12: 8	15.43. 4,44	$\bar{1}$,539	+ 8.13.52,5	0,790	11

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★	Gr.	Asc. droite, 1912,0.	Réduction au jour.	Déclinaison, 1912,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1.....	8,5	15.22.27,19	+1,14	—3.15.17,0	—8,3	Strasbourg, 5391
2.....	9,2	15.31.11,91	+1,13	—2. 0.38,4	—8,1	Nicolajew, 3953
3.....	6,2	15.28.25,90	+1,10	—0.53.18,5	—7,9	½(Nicolajew, 3947 + Radcliffe, 4012)
4.....	8,9	15.27.33,66	+1,08	+0.24.53,7	—7,8	Nicolajew, 3944
5.....	8,3	15.33. 9,90	+1,08	+1.42.39,7	—7,5	Albany, 5249
6.....	8,0	15.35.38,52	+1,08	+2.50.29,2	—7,2	Albany, 5255
7.....	8,7	15.33.16,26	+1,07	+3.55.24,9	—7,0	Albany, 5250
8.....	8,5	15.40.53,08	+1,06	+4.59.17,7	—6,8	½(Albany, 5274 + Leipzig II, 7072)
9.....	8,3	15.45.52,17	+1,04	+6.13.19,6	—6,7	Leipzig II, 7095
10.....	7,5	15.38.33,45	+1,02	+7. 9.49,8	—6,7	Leipzig II, 7056
11.....	8,9	15.41.16,92	+1,01	+8.12.18,7	—6,6	Leipzig II, 7078

Le 3 octobre, la comète a l'aspect d'une nébulosité à peu près ronde de 50″ à 60″ d'arc de diamètre avec, au centre, un noyau stellaire de 7ᵉ grandeur environ. On ne distingue aucune trace de queue, mais l'on voit, précédant la comète, une nébulosité de forme elliptique avec une légère condensation à l'un des foyers. Le grand axe mesurait 20″ à 30″ d'arc de longueur et se dirigeait dans un angle de position de 60°. Quelques pointés faits sur la condensation de cette nébulosité et le noyau de la comète ont donné : $\Delta\alpha = 2^s,5$ et $\Delta\delta = 8'',7$.

Le lendemain, 4 octobre, la nébulosité n'existait plus. A partir du 11 octobre, le noyau s'étale et perd de son aspect stellaire.

Dans ces observations, j'ai été assisté par M. Solomos.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Gale* (1912 *a*), *faites à l'Observatoire de Besançon.* Note de M. **P. Brück**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1912.	Temps moyen de Besançon.	$\Delta\mathcal{A}$.	$\Delta\mathcal{P}$.	Nombre de compar.	$\mathcal{A}$ apparente.	Log. fact. parallaxe.	$\mathcal{P}$ apparente.	Log. fact. parallaxe.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Oct. 13......	6.47.18	+1.46,86	—2.10,2	6: 4	15.43. 4,80	$\bar{1}$,576	81.45.37,4	$0{,}784_n$	*a*
» 13......	6.47.18	—2.12,29	—3.34,7	6: 4	15.43. 4,89	$\bar{1}$,576	81.45.38,3	$0{,}784_n$	*b*
» 14......	6.59. 8	+4.15,58	—8.42,7	6: 8	15.44.31,33	$\bar{1}$,586	80.43.49,5	$0{,}784_n$	*c*
» 16......	6.22. 2	—0.50,40	—5. 1,2	6: 3	15.47.10, 6	$\bar{1}$,565	78.46.18,4	$0{,}766_n$	*d*
» 18......	6.24.51	+5.52,32	—7.58,6	6: 6	15.50.35,88	$\bar{1}$,574	76.52.33,41	$0{,}759_n$	*e*

Positions des étoiles de comparaison.

★	Gr.	Æ moyenne, 1912,0.	Réduction au jour.	𝒫 moyenne, 1912,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a......	8,9	15.41.16,93	+1,01	81.47.41,0	+ 6,6	7078 A.G. Leipzig II
b......	9,0	15.45.16,16	+1,02	81.49. 6,6	+ 6,4	7094 Id.
c......	9,0	15.40.14,80	+0,95	80.52.25,7	+ 6,5	7067 Id.
d......	9,1	15.47.59,48	+0,98	78.51.13,5	+ 6,1	5524 A.G. Leipzig I
e......	7,5	15.44.42,63	+0,93	77. 0.25,7	+ 6,3	5504 Id.

La comète a une tête ronde avec une condensation stellaire très apparente au centre, sous forme d'un point vivement lumineux, qui dans les dernières observations va en s'élargissant et en prenant une apparence nébuleuse. La tête se prolonge par une queue bien visible et plus étroite. Le 13, cette queue, qui avait été vue déjà depuis plusieurs jours, formait avec le parallèle moyen de la tête un angle d'environ 20°, étant située au nord du parallèle et dirigée vers l'Est. On a pu la suivre sur une longueur d'environ 1°, mais il a été impossible de préciser où elle cessait. Elle était peut-être un peu courbe, avec concavité vers le Nord. Une seconde queue se détache vers le Sud, faisant avec la première un angle de 70°, mais elle est beaucoup plus faible.

Instrument employé : Équatorial droit de $0^m,21$ de diamètre et $3^m,10$ de distance focale ; grossissement 73.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les substitutions crémoniennes.* Note de M. LÉON AUTONNE, présentée par M. Jordan.

En matière de formes mixtes et de substitutions crémoniennes, on conservera les notations et la terminologie de mon Mémoire *Sur les formes mixtes* (*Annales de l'Université de Lyon*, 1905). La forme mixte $f(z^m, w^{m'})$ est un polynome, qui contient d'une façon homogène $(i, j = 1, 2, \ldots, N)$: 1° les N variables z_i, avec le degré m ; 2° les N variables w_i, avec le degré m', *les* 2 N *variables étant liées par la relation* $\Sigma wz = 0$. La substitution crémonienne (c'est-à-dire birationnelle et de contact) a pour symboles

$$s = \left| \begin{array}{ll} z_i & \varphi_i(z^m, w^{m'}) \\ w_i & \psi_i(z^n, w^{n'}) \end{array} \right|, \qquad s^{-1} = \left| \begin{array}{ll} z_i & \theta_i(z^p, w^{p'}) \\ w_i & \eta_i(z^q, w^{q'}) \end{array} \right|,$$

$\varphi_i, \psi_i, \theta_i, \eta_i =$ formes mixtes sans plus grand commun diviseur. On a, bien entendu : $\Sigma\psi\varphi = \Sigma\theta\eta = 0$; 2° (condition de contact) $\Sigma\psi\, d\varphi = \Omega\Sigma w\, dz$, $\Sigma\eta\, d\theta = K\,\Sigma w dz$, $\Omega, K =$ forme mixte ; 3° (birationnalité) $\theta_i(\varphi, \psi)$ proportionnelle à z_i, $\eta_i(\varphi, \psi)$ proportionnelle à w_i, etc.

Prenons y_i et v_i proportionnelles à $\varphi_i(x, u)$ et $\psi_i(x, u)$, $\Sigma ux = 0$, x_i et

u_i proportionnelles à $\theta_i(y, v)$ et $\eta_i(y, v)$, $\Sigma v y = 0$. Les équations *primordiales* [de quatre types (xy), (xv), (uy), (uv)] lient une série de variables x_i ou u_i avec une série de variables y_i ou v_i. Dans le Mémoire précité, j'ai, pour s donnée, construit et étudié les primordiales. Abordant le problème inverse, j'ai démontré qu'à des primordiales données correspondait une ou aucune crémonienne. On continuera ici l'étude du problème inverse.

Par hypothèse les primordiales sont ($i, j = 1, 2, \ldots, N$; $\alpha = 1, 2, \ldots, \bar{\alpha}$; $\beta = 1, 2, \ldots, \bar{\beta}$; $\gamma = 1, 2, \ldots, \bar{\gamma}$; $\delta = 1, 2, \ldots, \bar{\delta}$; $a_{\alpha ij}, b_{\beta ij}, c_{\gamma ij}, d_{\delta ij} = \text{const.}$);

$$A_\alpha(x, y) = B_\beta(x, v) = C_\gamma(u, y) = D_\delta(u, v) = 0;$$

$$A_\alpha = \sum_{ij} a_{\alpha ij} x_i y_j; \qquad B_\beta = \sum_{ij} b_{\beta ij} x_i v_j; \qquad C_\gamma = \sum_{ij} c_{\gamma ij} u_i y_j; \qquad D_\delta + \sum_{ij} d_{ij} u_i v_j.$$

Voici la question : I. Trouver les conditions J nécessaires et suffisantes pour que la crémonienne s existe. — II. Les conditions J étant satisfaites, construire s.

Les conditions J sont au nombre de trois : J_1, J_2, J_3.

J_1. On a

$$\bar{\alpha} = \bar{\delta} = \upsilon; \qquad \bar{\beta} = \bar{\gamma} = \varpi; \qquad \upsilon + \varpi = N.$$

J_2. Introduisons les quatre matrices N-aires

$$a = \left(\sum_\alpha \lambda_\alpha a_{\alpha ij}\right); \qquad b = \left(\sum_\beta \mu_\beta b_{\beta ij}\right); \qquad c = \left(\sum \nu_\gamma c_{\gamma ij}\right); \qquad d = \left(\sum \rho_\delta d_{\delta ij}\right),$$

λ_α, μ_β, ν_γ, ρ_δ = indéterminées. On a

$$ab' + ba' = c'a + a'c = dc' + cd' = b'd + d'b = 0.$$

a' = transposée de a, etc.

J_3. Introduisons les quatre matrices N-aires : $Y = (y_{ij})$, $V = (v_{ij})$, $X = (x_{ij})$, $U = (u_{ij})$, où

$$y_{ij} = \begin{cases} \dfrac{\partial A_\alpha}{\partial y_j} \text{ pour } i = \alpha, \\ \dfrac{\partial C_\gamma}{\partial y_j} \text{ pour } i = \upsilon + \gamma; \end{cases} \qquad v_{ij} = \begin{cases} \dfrac{\partial D_\delta}{\partial v_j} \text{ pour } i = \delta, \\ \dfrac{\partial B_\beta}{\partial v_j} \text{ pour } i = \upsilon + \beta; \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} \dfrac{\partial A_\alpha}{\partial x_j} \text{ pour } i = \alpha, \\ \dfrac{\partial B_\beta}{\partial x_j} \text{ pour } i = \upsilon + \beta; \end{cases} \qquad u_{ij} = \begin{cases} \dfrac{\partial D_\delta}{\partial u_j} \text{ pour } i = \delta, \\ \dfrac{\partial C_\gamma}{\partial u_j} \text{ pour } i = \upsilon + \gamma. \end{cases}$$

« Les quatre matrices Y, V, X, U ont le rang N — 1. »

Soit la matrice $P=(p_{ij})$; la matrice $\overline{P}$ (*adjointe à* P), $\overline{P}=(\overline{p}_{ij})$, sera définie par la condition $\overline{p}_{ij}=\frac{\partial}{\partial p_{ij}}|P|$.

Les conditions J étant satisfaites, on a

$$\overline{Y}=(\Phi_0\Phi_i\varphi_j),\qquad \overline{V}=(\Psi_0\Psi_i\psi_j),\qquad \overline{X}=(\Theta_0\Theta_i\theta_j),\qquad \overline{U}=(H_0H_i\eta_j),$$

$\Phi_0, \ldots, \eta_j=$ formes mixtes; les Φ_i, ou les φ_j, par exemple, sont sans plus grand commun diviseur, etc. Alors « les formes mixtes φ, ψ, θ, η sont celles qui figurent dans l'expression des crémoniennes s et s^{-1} ».

Le problème est donc résolu. On remarque que « aucun des huit entiers positifs $m, m', n, n', p, p', q, q'$ ne dépasse ni $\nu-1$, ni $\omega-1$, ni $\frac{1}{2}N-1$ ». Donc pour $N\leqq 5$, les formes mixtes φ_i, ψ_i, θ_i, η_i sont linéo-linéaires.

Le cas $N=4$ ne fournit pas d'autres crémoniennes que celle déjà construite dans mon Mémoire *Sur les substitutions crémoniennes de l'espace* (*J. E. P.*, 2e série, 8e cahier).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de M. Picard.* Note de M. T.-H. **Gronwall**, présentée par M. Émile Picard.

Le théorème en question s'énonce ainsi, sous la forme définitive que lui a donnée M. Landau :

« Soit une fonction analytique

$$F(x)=\alpha+a_1x+a_2+x^2+\ldots+a_nx^n+\ldots,$$

où $a_1\neq 0$; il existe un cercle $|x|<R=R(\alpha, a_1)$, de rayon indépendant de $a_2, \ldots, a_n, \ldots$, à l'intérieur duquel $F(x)$ possède un point singulier ou prend l'une des valeurs 0 et 1. »

Désignons par $\varphi(\alpha, a_1)$ la limite inférieure de $R(\alpha, a_1)$; M. Carathéodory a obtenu, à l'aide de la fonction modulaire, la valeur explicite de $\varphi(\alpha, a_1)$. De cette expression, il s'ensuit sans difficulté que

$$(1)\qquad \frac{c_1}{|a_1|}\big(\big|\alpha\log|\alpha|\big|+\big|(\alpha-1)\log|\alpha-1|\big|\big) > \varphi(\alpha, a_1) > \frac{c_2}{|a_1|}\big(\big|\alpha\log|\alpha|\big|+\big|(\alpha-1)\log|\alpha-1|\big|\big),$$

où c_1 et c_2 sont deux constantes numériques positives.

Je me propose de démontrer les inégalités ci-dessus par une voie entièrement élémentaire.

Pour cela, rappelons d'abord les formules suivantes

$$(2) \qquad \varphi(\alpha, a_1) = \frac{1}{|a_1|}\varphi(\alpha, 1) = \frac{1}{|a_1|}\varphi(\alpha),$$

$$(3) \qquad \varphi(\alpha) = \varphi(1-\alpha),$$

$$(4) \qquad \varphi(\alpha) = |\alpha|^2 \varphi\left(\frac{1}{\alpha}\right),$$

dont M. Landau [1] a donné des démonstrations tout à fait élémentaires.

Soit δ une quantité positive aussi petite que l'on veut; il existe une fonction analytique

$$F(x) = \alpha + x + a_2 x^2 + \ldots + a_n x^n + \ldots$$

holomorphe, $\neq 0$ et $\neq 1$ pour $|x| < \varphi(\alpha) - \delta$. Alors

$$\sqrt{F(2\sqrt{\alpha}\,x)} = \sqrt{\alpha} + x + a'_2 x^2 + \ldots + a'_n x^n + \ldots$$

est holomorphe, $\neq 0$ et $\neq 1$ pour $|x| < \dfrac{\varphi(\alpha) - \delta}{2|\sqrt{\alpha}|}$, et il s'ensuit que

$$\frac{\varphi(\alpha) - \delta}{2|\sqrt{\alpha}|} < \varphi(\sqrt{\alpha}),$$

d'où, pour $|\alpha| > 1$, en faisant tendre δ vers zéro,

$$(5) \qquad \frac{\varphi(\alpha)}{|\alpha|\log|\alpha|} \leqq \frac{\varphi(\sqrt{\alpha})}{|\sqrt{\alpha}|\log\sqrt{\alpha}|}.$$

Divisons le plan des α en quatre parties : I, $|\alpha| > 3$; II, $|\alpha| < \frac{1}{3}$; III, $|\alpha - 1| < \frac{1}{3}$; IV, $3 \geqq |\alpha| \geqq \frac{1}{3}$, $|\alpha - 1| \geqq \frac{1}{3}$.

Pour α appartenant à IV, on a

$$(6) \qquad \varphi(\alpha) < c_3,$$

c_3 étant une constante numérique positive, ce qui résulte immédiatement de l'expression donnée par M. Landau [2], dans sa démonstration élémentaire du théorème énoncé au début, pour la borne supérieure de $R(\alpha, a_1)$.

---

[1] *Ueber den Picardschen Satz* (*Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, t. LI, 1906, p. 252-318, § 6).

[2] *Ueber eine Verallgemeinerung des Picardschen Satzes* (*Sitzungsberichte der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften*, 1904, p. 1118-1133).

Pour α appartenant à I, posons $\alpha = \beta^{2^m}$, où nous déterminons l'entier positif m de sorte que $3 > |\beta| \geqq \sqrt{3}$. Par suite, β est intérieur à IV, et (5) et (6) donnent

$$\frac{\varphi(\alpha)}{|\alpha| \log |\alpha|} \leqq \frac{\varphi(\beta)}{|\beta| \log |\beta|} < \frac{c_3}{\sqrt{3} \log \sqrt{3}} = c_4, \tag{7}$$

d'où, *a fortiori*,

$$\varphi(\alpha) < c_4\left(\left|\alpha \log|\alpha|\right| + \left|(\alpha - 1) \log|\alpha - 1|\right|\right). \tag{8}$$

Lorsque α fait partie de II, $\frac{1}{\alpha}$ appartient à I, et (4) et (7) donnent

$$\varphi(\alpha) < |\alpha|^2 c_4 \left|\frac{1}{\alpha}\right| \log \left|\frac{1}{\alpha}\right| = c_4 \left|\alpha \log|\alpha|\right|,$$

de sorte que (8) est aussi valable dans II.

Enfin, pour α intérieur à III, $1 - \alpha$ appartient à II, et (3) fait voir que (8) est encore valable dans III. De (6), (8) et (2), on tire maintenant la première des inégalités (1).

Pour établir la deuxième, observons que, pour α appartenant à IV,

$$\varphi(\alpha) > \frac{1}{3}, \tag{9}$$

comme nous apprend déjà l'exemple trivial $F(x) = \alpha + x$. D'autre part, pour $|\alpha| \neq 0$ et $\neq 1$, la fonction

$$F(x) = \frac{\alpha}{|\alpha|} e^{\frac{\log|\alpha|}{1 - \frac{x}{\alpha \log|\alpha|}}} = \alpha + x + \ldots$$

est holomorphe, $\neq 0$ et $\neq 1$ pour $|x| < \left|\alpha \log|\alpha|\right|$, de sorte que, pour α appartenant à I ou II,

$$\varphi(\alpha) > \left|\alpha \log|\alpha|\right|. \tag{10}$$

La combinaison de (3), (10), (9) et (2) nous donne immédiatement la deuxième inégalité (1).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de Stieltjes.* Note de M. **George Polya**, présentée par M. Émile Picard.

Soient $A(x)$, $B(x)$, $C(x)$ des polynomes, sans diviseur commun à tous les trois, le degré de $B(x)$ étant inférieur au degré de $A(x)$. Stieltjes ([1]) a établi par une application ingénieuse de la théorie élémentaire des maxima une proposition de Heine ([2]), concernant l'existence de certains cas où l'équation

$$A(x)\frac{d^2y}{dx^2} + 2\,B(x)\frac{dy}{dx} + C(x)y = 0 \tag{1}$$

admet comme solution un polynome et il a démontré la proposition suivante :

Si toutes les racines de $A(x)$ sont réelles, et si dans la formule

$$\frac{B(x)}{A(x)} = \frac{\rho_1}{x - a_1} + \frac{\rho_2}{x - a_2} + \ldots + \frac{\rho_p}{x - a_p} \tag{2}$$

toutes les quantités $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_p$ sont positives, et si $f(x)$ est un polynome qui vérifie l'équation (1), le plus petit intervalle, qui contient toutes les racines de $A(x)$, contiendra aussi toutes les racines de $f(x)$.

Par une généralisation immédiate du raisonnement de Stieltjes, on obtient la proposition suivante, où l'on ne suppose rien sur la réalité des racines de $A(x)$:

Si dans la formule (2) *tous les nombres* $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_p$ *sont positifs et* $f(x)$ *est un polynome, solution de l'équation* (1), *le plus petit polygone convexe, dans le plan des nombres complexes, qui contient toutes les racines de* $A(x)$, *contiendra aussi toutes les racines de* $f(x)$. *Si toutes les racines de* $A(x)$ *sont situées sur la même droite, le polygone se réduit à un segment de droite ; dans tous les autres cas, si l'une des racines de* $f(x)$ *est située sur la frontière de ce polygone, elle est forcément confondue avec une des racines de* $A(x)$.

Cette proposition comprend celle de Stieltjes, comme une proposition

([1]) J.-J. Stieltjes, *Sur certains polynomes qui vérifient une équation différentielle*, etc. (*Acta mathematica*, t. II, 1885, p. 321-326).

([2]) E. Heine, *Handbuch der Kugelfunctionen*, I (2e éd.), p. 472-476.

connue de Gauss [1], se rapportant à la position relative des racines d'un polynome et des racines de sa dérivée, comprend la conséquence immédiate du théorème de Rolle suivant :

Si toutes les racines d'un polynome sont contenues dans un segment de droite, toutes les racines de sa dérivée y sont contenues de même.

La démonstration de la proposition énoncée est presque la même que celle du théorème de Gauss. Soient

$$x_1, \quad x_2, \quad x_3, \quad \ldots, \quad x_n,$$

les racines de $f(x)$, chacune écrite avec sa multiplicité, et soit

$$A(x)f''(x) + 2B(x)f'(x) + C(x)f(x) = 0.$$

Si $A(x)$ a une racine z, différente de $a_1, a_2, \ldots, a_p$, on a $B(z) = 0$; z est une des quantités $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$, car autrement $A(x)$, $B(x)$, $C(x)$ admettraient le diviseur commun $x - z$.

Si x_i est une racine, qui rend $A(x_i) = 0$, x_i est certainement contenue dans le plus petit polygone convexe, qui contient toutes les racines de $A(x)$, parce que x_i est aussi une racine de $A(x)$.

Si $A(x_k) \neq 0$, on aura aussi $f'(x) \neq 0$ [car $f(x)$ n'est pas identiquement zéro] et l'on obtient par division

$$\frac{f''(x_k)}{2f'(x_k)} + \frac{B(x_k)}{A(x_k)} = 0$$

ou explicitement

$$\frac{1}{x_k - x_1} + \ldots + \frac{1}{x_k - x_{k-1}} + \frac{1}{x_k - x_{k+1}} + \ldots$$
$$+ \frac{1}{x_k - x_n} + \frac{\rho_1}{x_k - a_1} + \ldots + \frac{\rho_n}{x_k - a_n} = 0.$$

En séparant le réel et l'imaginaire

$$x_\nu = \xi_\nu + i\eta_\nu, \qquad a_\nu = \alpha_\nu + i\beta_\nu,$$

$$\xi_k = \frac{\displaystyle\sum_\nu^{1,\ldots,k-1,k+1,\ldots,n} \frac{\xi_\nu}{(\xi_k - \xi_\nu)^2 + (\eta_k - \eta_\nu)^2} + \sum_\nu^{1,\ldots,p} \frac{\rho_\nu \alpha_\nu}{(\xi_k - \alpha_\nu)^2 + (\eta_k - \beta_\nu)^2}}{\displaystyle\sum_\nu^{1,\ldots,k-1,k+1,\ldots,n} \frac{1}{(\xi_k - \xi_\nu)^2 + (\eta_k - \eta_\nu)^2} \sum_\nu^{1,\ldots,p} \frac{\rho_\nu}{(\xi_k - \alpha_\nu)^2 + (\eta_k - \beta_\nu)^2}}$$

---

(1) Gauss, *Werke*, III, 1866, p. 112. — Voir Fejér, *Comptes rendus*, 2e semestre 1907, p. 459-461, et *Mathematische Annalen*, t. LXV, 1907, p. 413-423.

et

$$\eta_k = \frac{\displaystyle\sum_{\nu}^{1,\ldots,k-1,k+1,\ldots,n} \frac{\eta_\nu}{(\xi_k-\xi_\nu)^2+(\eta_k-\eta_\nu)^2} \sum_{\nu}^{1,\ldots,p} \frac{\beta_\nu}{(\xi_k-\alpha_\nu)^2+(\eta_k-\beta_\nu)^2}}{\displaystyle\sum_{\nu}^{1,\ldots,k-1,k+1,\ldots,n} \frac{1}{(\xi_k-\xi_\nu)^2+(\eta_k-\eta_\nu)^2} \sum_{\nu}^{1,\ldots,p} \frac{\rho_\nu}{(\xi_k-\alpha_\nu)^2+(\eta_k-\beta_\nu)^2}}.$$

Le point $x_k = \xi_k + i\eta_k$ deviendra donc le centre de gravité [1] des points $x_1, x_2, \ldots, x_{k-1}, x_{k+1}, \ldots, x_n, a_1, \ldots, a_p$, si les masses positives situées dans ceux-ci sont choisies convenablement. Par conséquent, une droite quelconque, qui passe par x_k, si elle ne passe pas par tous les points $x_1, \ldots, x_n, a_1, \ldots, a_p$, divise le plan des nombres complexes en deux demi-plans, de manière que tous les deux demi-plans contiennent à l'intérieur au moins un des points $x_1, \ldots, x_{k-1}, x_{k+1}, \ldots, x_n, a_1, \ldots, a_p$.

On construira le plus petit polygone convexe, qui enveloppe les $n+p$ points $x_1, \ldots, x_n, a_1, \ldots, a_p$; ce polygone contient toutes les racines de $A(x)$.

Supposons que ce polygone ne se réduit pas à un segment de droite; je dis que x_k est à l'intérieur de ce polygone, car si le point x_k était situé sur la frontière de ce polygone, on pourrait trouver au moins une droite telle que tout le polygone soit sur un côté de cette droite; c'est ce qui est impossible. En résumé, le plus petit polygone convexe, qui contient tous les points $x_1, x_2, \ldots, x_n, a_1, \ldots, a_p$, ne contient sur sa frontière aucun de ces points qui ne soit pas une racine de $A(x)$.

Tout pareillement, si $x_1, \ldots, x_n, a_1, \ldots, a_p$ sont situés tous sur un segment de droite, les deux extrémités de ce segment sont racines de $A(x)$.

On tire du théorème, en suivant M. Fejér [2], la conséquence suivante : *La racine la plus grande de $f(x)$ (en valeur absolue) ne peut pas être plus grande (en valeur absolue) que toutes les racines de $A(x)$.*

Les racines de l'équation $f(x) = 0$ représentent la position d'équilibre d'un certain système de n poi ts matériels; cette position d'équilibre est toujours *instable*.

---

(1) Voir les Notes de M. Fejér citées plus haut.

(2) *Loc. cit.*

GÉODÉSIE. — *Sur les triangulations géodésiques complémentaires des hautes régions des Alpes françaises (dixième campagne).* Note de M. P. **Helbronner**, présentée par M. Bassot.

Les triangulations complémentaires des années précédentes avaient amené la limite septentrionale de mes réseaux à coïncider d'une façon générale avec une ligne idéale joignant le Col du Petit Saint-Bernard à la ville de Moutiers. Néanmoins, il restait à compléter, au sud de cet alignement, certaines parties des chaînes encaissantes de la haute vallée de Saint-Martin-de-Belleville. C'est par les occupations de sommets, situés sur ces chaînes, et aussi par celles des points bas, situés dans la vallée elle-même, que débuta la campagne de 1912. Les stations principales qui jalonnèrent cette première surface furent la Pointe de Fenêtre (2160) [1], la Tête de Geffriand (2397), la Tête de la Gratte (2625), le Sommet de l'Arpettaz (2041). Ce travail s'effectua entre le 24 juin et le 1er juillet.

Les opérations suivantes se sont étendues du 2 juillet au 22 septembre et se sont encadrées dans les polygones III et IV de ma Chaîne Méridienne de Savoie. Suivant le principe que j'ai adopté dès le début et suivant l'utilisation rationnelle des résultats de cette chaîne fondamentale, j'ai réoccupé ceux des sommets de celle-ci qui étaient compris dans le théâtre actuel d'opérations et qui, cette année, se trouvaient être le Mont Bellachat, (2488), le Grand Mont (2698), la Tête Nord des Fours (2761) et le Roignais (2998).

A l'intérieur des mailles formées par les polygones de ma Méridienne de Savoie, j'ai occupé comme stations primaires, notamment le Pic de la Lauzière (2830), le Grand Arc (2489), la Grande Lanche (2115), la Roche Pourrie (2043), le Mirantin (2485), le Crêt du Rey (2635), le Roc Marchand (2130), la Tête de Vaugellaz (2215), la Crête de la Combe-Neuve (2550), la Tête de la Chevalière (2240), la Pointe du Clapey (2625), la Pointe de la Clavetta (2620), la Pointe du Mortié (2900), le Mont Miravidi (3060), les forts du Mont (1120) et de la Redoute-Ruinée (2400), la Pointe de la Louïe-Blanche (2880), etc.

Par le nombre important de stations secondaires et tertiaires, j'ai pu

(1) Les altitudes données dans cette Note sont essentiellement provisoires; elles proviennent, en général, de la Carte de l'État-Major au 80000e.

donner une densité régulière, et au moins égale à celle des années précédentes, aux points intersectés situés dans les parties basses et à mi-hauteur.

Selon la méthode employée depuis le début, j'ai constitué encore cette année-ci une *ligne de base de nivellement*, en stationnant auprès d'une vingtaine de repères du Service du Nivellement général de la France, sur la route nationale entre Moutiers et le Col du Petit Saint-Bernard. Cette ligne de base de nivellement servira comme les précédentes à une série de contrôles et de départs altimétriques pour tous les points trigonométriques de cette région. Indépendamment de cette ligne principale de base pour les altitudes, j'ai stationné également près de plusieurs repères posés par le Service du Nivellement dans certaines vallées élevées. Les observations zénithales que j'y ai recueillies viendront contribuer aussi à l'établissement de mes altitudes définitives.

Les conditions météorologiques de cette année — aussi exceptionnellement défavorables que celles de la précédente avaient été favorables — auraient pu annihiler complètement mes opérations si je n'avais pas constamment eu l'esprit tendu vers la prévision des heures de clarté ; s'il n'y eut jamais, en effet, entre le 5 juillet et le 15 septembre, de période atteignant 24 heures consécutives d'atmosphère complètement débarrassée de nuages, il y eut, par contre, un grand nombre d'éclaircies de courte durée que je pus utiliser presque toutes par des gîtes pris aussi hauts qu'il était possible et maintenus jusqu'à réussite du programme décidé. Dans ces éclaircies, j'eus d'ailleurs constamment à supporter des vents violents. Du 15 au 22 septembre, l'atmosphère, plus pure, fut cependant encore, tout au moins dans les régions basses, encombrée de la buée laiteuse qui m'a paru être dans les Alpes, par sa continuité, même lors des beaux jours, une caractéristique de cet été spécial. Au sujet des conditions météorologiques qui ont accompagné celui-ci, il m'a paru intéressant de rassembler certains documents, notamment sur l'état de persistance des neiges anciennes, sur l'état physique des neiges récentes, sur la constance du cycle de variation des vents qui a semblé résulter de la très régulière périodicité de passage des centres de pression et de dépression, surtout enfin sur la continuité de présence des vapeurs en suspension dans l'atmosphère, tantôt sur toute son épaisseur appréciable, tantôt au-dessus ou au-dessous d'une ligne de niveau dont l'altitude était la même sur tout le tour d'horizon visible. Certains panoramas photographiques fixeront, d'autre part, des enneigements descendant à des niveaux exceptionnels pour les dates où ils ont été enregistrés.

J'ai rapporté, malgré ces séries de mauvais temps, cinquante-deux douzaines de clichés, presque tous impressionnés sur les points culminants de mon réseau. Cette dixième campagne, comprenant 127 stations (dont 4 au-dessus de 3000^{m}), porte à plus de 900 (dont 125 au-dessus de 3000^{m}) le nombre des positions que j'ai occupées avec le théodolite

depuis le début des travaux de ma *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*. Le nombre total correspondant des points trigonométriques déterminés en planimétrie et en altimétrie ne peut être actuellement exactement recensé, mais dépasse vraisemblablement 4000.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Influence de la vitesse de combustion sur le rendement d'un moteur à gaz*. Note de M. **E. Mérigeault**, présentée par M. L. Lecornu.

Le théorème que j'ai démontré dans ma précédente Note (1) peut se traduire par la règle pratique suivante, applicable aux moteurs adiabatiques, c'est-à-dire sans pertes par les parois :

Si la pression maxima est limitée, par des conditions de résistance par exemple, il y a intérêt à pousser la compression précédant l'allumage jusqu'à cette pression maxima (si on le peut) et à faire ensuite la combustion à pression constante.

Mais il n'est pas toujours possible d'opérer ainsi. En particulier, dans le cas où la compression dans le cylindre se fait à la fois sur le gaz combustible et sur l'air préalablement mélangés, l'élévation de température provoquée par la compression peut donner lieu à des inflammations prématurées. Cela limite la compression sans limiter la pression maxima (2).

Il faut remarquer aussi que ma démonstration, comme celle de M. Carvallo d'ailleurs, suppose des parois imperméables à la chaleur (moteurs adiabatiques), ce qui n'est ni réalisable, ni souhaitable à d'autres points de vue.

La plupart des études publiées sur les moteurs à gaz supposent cette restriction, bien qu'elle ne soit pas explicitement indiquée.

J'ai démontré ailleurs (3) après M. Lecornu (4) et par une autre méthode que lui, l'avantage de la combustion instantanée, ce qui semble, *a priori*, en contradiction avec la proposition démontrée ci-dessus.

---

(1) *Comptes rendus*, 7 octobre 1912.

(2) Dans le moteur Diesel on n'a pu atteindre des compressions de 35^{atm} et 40^{atm} que parce que l'on comprime séparément le combustible liquide et l'air.

(3) Mérigeault, *Théories des moteurs à gaz et à pétrole* (*Annales des mines*, 1905).

(4) Lecornu, *Sur les moteurs à combustion et à injection* (*Comptes rendus*, 1902).

Cette contradiction n'est qu'apparente. Les deux problèmes sont bien différents.

La proposition concernant l'avantage de la combustion instantanée doit en effet s'exprimer de la façon suivante :

Lorsqu'un moteur est construit de façon à pouvoir résister aux pressions développées par une explosion instantanée, et si la compression est limitée, il y a intérêt à provoquer cette explosion instantanée.

La combinaison de ces deux propositions conduit au théorème suivant, démontré seulement pour les moteurs adiabatiques :

1° Si aucune condition ne limite la compression avant allumage (par exemple si l'air et le combustible sont comprimés séparément), il y a intérêt à pousser cette compression jusqu'à la pression maxima que peut supporter le cylindre, puis à faire une combustion à pression constante. Voilà l'explication de l'avantage du moteur Diesel. On voit qu'il est fort heureux que des difficultés pratiques se soient opposées à la réalisation de la conception théorique de l'inventeur : combustion à *température constante*.

2° Si certaines conditions limitent la compression avant allumage et si la pression à laquelle peut résister le cylindre est pratiquement illimitée, il y a intérêt à faire une combustion instantanée.

3° On peut ensuite facilement démontrer, par une méthode tout à fait identique à celle qui a été exposée dans ma première Note, que si certaines conditions (suppression des inflammations prématurées) limitent à p la pression avant allumage, et si les conditions de résistance limitent à P la pression maxima du diagramme, P étant supérieur à p, mais inférieur à la pression qui serait développée par une explosion complète instantanée, il y a intérêt à pousser la compression jusqu'à p, puis à faire une combustion instantanée partielle jusqu'à l'obtention de la pression P, et enfin à terminer la combustion à pression constante.

Il est probable que ces conclusions sont également vraies pour les moteurs réels, dans lesquels les actions de parois sont importantes.

RADIOTÉLÉGRAPHIE. — *Captation des ondes hertziennes par des antennes purement horizontales tendues au ras du sol et, par extension, utilisation des fils télégraphiques et téléphoniques d'abonnés.* Note de M. **Paul Jégou**, présentée par M. Lippmann.

Séjournant à Saint-Brieuc le mois dernier, je me suis proposé de faire quelques essais de réception d'ondes et spécialement des ondes de la Tour

Eiffel avec un récepteur horaire simplifié, analogue à celui décrit ici même (*Comptes rendus*, 5 décembre 1910), en le reliant à une antenne purement horizontale et tendue parallèlement au sol, à peine à hauteur d'homme. Je me souvenais alors des expériences publiées par Kiebitz au mois de janvier dernier et je désirais me rendre compte ainsi du rôle de ces antennes quasi horizontales.

Sur un terrain long de 100^m et légèrement incliné ($\frac{3}{100}$), j'ai tendu un fil de 80^m de long; on n'obtient alors aucune réception des signaux horaires. Avec deux fils, dont l'écart était de $0^m,30$, la réception devient de suite très bonne, au point d'être suffisante pour déceler même les signaux météorologiques de 8^h et 15^h émis avec le groupe de puissance réduite de la Tour.

Avec 3 fils, l'effet restait le même, avec 4 fils également. D'où il résulte nettement l'utilité d'*associer toujours deux fils* pour profiter intégralement du rendement de ces antennes. Résultat à rapprocher des phénomènes présentés par les antennes verticales.

Par extension, j'ai branché mon appareil sur une ligne téléphonique d'abonné en prenant contact sur une borne-ligne de l'appareil, l'autre pôle de l'appareil récepteur étant mis à la terre.

Sous cette forme, les signaux de la Tour sont *fortement* décelés, mais au milieu d'une friture intense reproduisant, avec renforcement plutôt, les bruits multiples couramment perçus dans les postes téléphoniques d'abonnés (inductions diverses des télégraphes, etc.).

L'intercalation d'un petit condensateur, entre la borne de l'appareil téléphonique de l'abonné et le récepteur, crée une barrière s'opposant au passage des courants parasites et ne laissant passer que les ondes hertziennes. Grâce à cet artifice, quand le courant est fermé sur le détecteur, les écouteurs restent parfaitement silencieux. (A circuit ouvert, on perçoit encore une friture assez légère.) C'est alors avec la plus grande facilité qu'on perçoit très fortement tous les signaux de la Tour.

Les fils télégraphiques se sont montrés aussi avantageux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la réfraction et la rotation magnétique des mélanges*. Note de M. **P.-Th. Muller** et Mlle **V. Guerdjikoff**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note du 15 février 1912, nous avons discuté l'expression de H. Becquerel $\frac{\alpha}{\alpha_0} \times \frac{1}{n^2(n^2-1)}$ où α représente la rotation magnétique d'une

solution et n son indice de réfraction, α_0 étant la rotation d'un corps type. Nous avons montré que cette expression pouvait subir des variations plus grandes que ne le supposait son auteur. Nous avons produit plusieurs arguments parmi lesquels se trouvait la proposition que dans certains cas l'indice de réfraction présentait des sauts brusques, alors que la rotation magnétique continue sa marche régulière. Cette proposition n'est pas exacte ainsi que l'a fait observer M. Schwers [1]. Quelques-uns des indices cités sont faux : par suite d'une erreur regrettable on a fait usage, pour les calculs, de la Table d'un prisme autre que celui qui avait servi aux expériences; dans ces conditions la répétition des mesures fournissait nécessairement le même résultat erroné.

Pour avoir les chiffres corrects que nous donnons ci-dessous il a suffi de reprendre les nombres lus directement sur l'appareil et consignés dans nos carnets de laboratoire, et de les calculer avec la Table convenable. Dans nos Tableaux p désigne le poids du corps contenu dans 100^g de la solution ou du mélange, n est l'indice de réfraction et α la rotation magnétique pris tous deux en lumière jaune du sodium, la température étant de 25° (à 0°,1 près pour l'indice, à 0°,5 près pour la rotation); $\alpha_{(calc.)}$ est obtenu au moyen des formules linéaires qui figurent après chaque Tableau; enfin B est l'expression de Becquerel $B = \frac{\alpha}{\alpha_0 n^2(n^2-1)}$, α_0 étant la rotation de l'eau égale, ici, à 4°,864.

Solution aqueuse de chlorure de lithium.

$p_{(sel)}$.	n.	α.	$\alpha_{(calc.)}$.	Différ.	B.
0	1,3326	4°,86	4°,91	— 0°,05	0,7260
10,68	1,3565	5,78	5,80	— 0,02	0,7714
15,27	1,3673	6,25	6,20	+ 0,05	0,7845
21,10	1,3838	6,84	6,81	+ 0,03	0,7992
31,50	1,4069	7,69	7,67	+ 0,02	0,8134
36,36	1,4149	8,01	7,96	+ 0,05	0,8159
40,76	1,4289	8,46	8,48	— 0,02	0,8196
43,33	1,4343	8,64	8,68	— 0,04	0,8205

$$\alpha_{(calc.)} = 37,08\,n - 44,50.$$

---

[1] SCHWERS, *Comptes rendus*, t. 155, p. 398.

Solution aqueuse d'azotate d'ammonium.

$p_{(sel)}$.	n.	α.	$\alpha_{(calc.)}$.	Différ.	B.
0	1,3326	4°,864	4°,858	+ 0°,006	0,726
10,49	1,3455	4,801	4,793	+ 0,008	0,676
12,10	1,3458	4,777	4,791	— 0,014	0,669
20,59	1,3582	4,726	4,729	— 0,003	0,624
27,55	1,3680	4,693	4,680	+ 0,013	0,592
49,38	1,3999	4,505	4,520	— 0,015	0,492
62,03	1,4185	4,433	4,427	+ 0,006	0,448

$$\alpha_{(calc.)} = -5,017n + 11,543.$$

Mélange d'aniline et d'alcool absolu.

$p_{(aniline)}$.	n.	α.	$\alpha_{(calc.)}$.	Différ.	B.
0	1,3596	4°,14	3°,90	+ 0°,24	0,543
9,81	1,3782	4,96	4,83	+ 0,13	0,597
20,49	1,3993	5,85	5,88	— 0,03	0,641
29,71	1,4183	6,78	6,83	— 0,05	0,685
36,37	1,4317	7,42	7,49	— 0,07	0,709
50,88	1,4630	8,96	9,05	— 0,09	0,754
59,61	1,4830	9,83	10,05	— 0,22	0,767
71,46	1,5110	11,33	11,45	— 0,12	0,795
80,99	1,5343	12,55	12,61	— 0,06	0,810
88,73	1,5531	13,60	13,55	+ 0,05	0,821
100,00	1,5842	15,34	15,10	+ 0,24	0,832

$$\alpha_{(calc.)} = 49,86n - 63,89.$$

On voit d'abord que pour LiCl et surtout $NH^4.NO^3$ l'angle de rotation est pratiquement une fonction linéaire de l'indice; l'écart entre α et $\alpha_{(calc.)}$ ne dépasse guère l'erreur expérimentale qui oscille en général autour de 0°,03, à la condition, bien entendu, de faire un grand nombre de lectures de l'angle de rotation et de prendre la moyenne.

Pour le mélange aniline-alcool, on trouve en portant n en abscisses et α en ordonnées, une courbe légèrement convexe vers les abscisses. Si l'on remplace provisoirement cette courbe par une droite moyenne, on constate des écarts (0°, 24) supérieurs aux erreurs expérimentales. Ici la relation entre α et n est plus complexe; la droite n'en offre qu'une image approchée.

Enfin l'allure de la fonction B est différente selon les cas : dans le mélange aniline-alcool on la voit croître de plus de 50 pour 100 de sa

valeur ; elle diminue de la même quantité pour la solution aqueuse d'azotate d'ammonium. Elle croît plus lentement avec la solution de chlorure de lithium et se rapproche visiblement d'une valeur *maximum* qui ne serait atteinte qu'en liquide sursaturé ([1]).

Les variations de B peuvent être beaucoup plus grandes que ne le croyait H. Becquerel ([2]), qui n'avait pas opéré dans des limites de concentration bien étendues. Ce physicien ne semble pas avoir été frappé de ce fait que dans certaines dissolutions l'angle de rotation et l'indice de réfraction peuvent marcher en sens contraire.

Nous venons de citer l'azotate d'ammonium, d'après mes propres expériences ; nous pourrions y ajouter d'autres exemples connus, tels que les dissolutions d'acide sulfurique ou d'acide acétique. Ces mélanges présentent même un maximum d'indice de réfraction qui ne se répercute nullement sur la marche régulière de la rotation magnétique.

Ces résultats ne donnent évidemment pas le droit de conclure que les deux phénomènes sont indépendants l'un de l'autre, ainsi que le pensait Verdet, mais, d'autre part, il paraît difficile de trouver dans le cas des mélanges binaires une expression *générale* reliant les deux grandeurs.

CHIMIE MINÉRALE. — *Méthode simple pour la préparation des oxydes minéraux.* Note de M. **Maurice Billy**, présentée par M. A. Haller.

La formation et la préparation des oxydes du titane, à partir de *l'anhydride titanique*, ont depuis longtemps attiré mon attention, parce que ce métal est très répandu dans la nature et que les méthodes générales habituelles de réduction n'ont pas donné jusqu'à présent de résultats satisfaisants dans ce cas.

L'action de l'hydrogène sec s'arrête avant la formation de Ti^2O^3. J'ai répété les expériences d'Ebelmen ([3]) et de Pfordten ([4]); en portant la température jusqu'à 1750°, on obtient encore des composés voisins de Ti^3O^5.

La réduction de l'anhydride titanique par le magnésium selon la méthode de Winckler ([5]), par l'aluminium à haute température, par le calcium, et

([1]) Pour la solution de LiCl, B a été obtenu à l'aide de $\alpha_{(calc.)}$, sauf pour l'eau pure.
([2]) H. Becquerel, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XII, 1877, p. 44.
([3]) Ebelmen, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. XX, 1847, p. 392.
([4]) Pfordten, *Ann. de Lieb.*, t. CCXXXVII, 1887, p. 230.
([5]) Winckler, *Ber.*, t. XXIII, 1890, p. 2660.

par le charbon au four électrique selon Moissan [1], n'ont pas donné d'oxydes bien définis.

Pour cette raison, j'ai renoncé aux méthodes classiques de désoxydation et j'ai songé à réduire l'anhydride titanique par le titane en excès; la pureté du métal livré par l'industrie n'est pas parfaite, mais permet cependant d'obtenir des résultats satisfaisants.

Les recherches bibliographiques indiquent que Chénevix [2] a le premier essayé d'affiner un oxyde métallique par le métal correspondant

$$(CuO + Cu = Cu^2O);$$

il enlevait mécaniquement le métal en excès.

J'ai voulu généraliser l'expérience de Chénevix en commençant par le métal le plus réfractaire : le titane. On obtient ainsi, non seulement le protoxyde, mais un oxyde intermédiaire, en employant soit un excès de métal, soit les quantités théoriques d'oxyde supérieur et de métal.

Sesquioxyde de titane (Ti^2O^3). — Pour obtenir Ti^2O^3, on mélange intimement de l'anhydride titanique sec, avec un excès de titane, sur le tamis n° 300; on comprime la poudre impalpable au fond d'un creuset de porcelaine et on ferme avec le couvercle; le creuset est entouré d'une *brasque* de rutile réduit par le magnésium et recouvert de charbon pulvérisé, ce qui arrête l'action de l'azote et de l'oxygène de l'air.

Après avoir chauffé vers 700°, 30 minutes environ, on laisse refroidir. On obtient le même résultat si l'on chauffe dans le vide les produits de la réaction, sans brasque, au fond d'un tube de quartz.

La substance obtenue après purification est une poudre cristalline bleu foncé homogène.

Composition. — Titane pour 100 : obtenu 66,57; calculé 66,71. Oxygène pour 100 : obtenu 33,42; calculé 33,28.

Protoxyde de titane (TiO). — Pour obtenir TiO, le mélange d'anhydride titanique et de titane en excès est effectué comme précédemment, mais on chauffe vers 1500°. Après purification, on obtient une poudre cristalline brun très foncé homogène.

---

(1) MOISSAN, *Comptes rendus*, t. 120, 1895, p. 290.

(2) CHÉNEVIX, *Soc. Roy. de Londres*, 5 mars 1801; *Ann. de Chim. et de Phys.*, 1re série, t. XLV, 1803, p. 61.

Composition. — Titane pour 100 : obtenu 74,66; calculé 75,03. Oxygène pour 100 : obtenu 25,33; calculé 24,96.

La *purification* des oxydes du titane en présence du métal, c'est-à-dire la dissolution du métal en excès, peut se faire de deux manières :

1° On laisse pendant 24 heures la substance très divisée au contact d'une liqueur très chlorhydrique de tétrachlorure de titane à 60°, le métal se dissout et donne du trichlorure violet.

2° Un moyen beaucoup plus rapide consiste à attaquer la substance divisée par une liqueur concentrée de potasse (20^g de potasse caustique, 10^g d'eau) à 130° environ, pendant 4 ou 5 heures. On reprend par l'acide chlorhydrique dilué de son volume d'eau pour dissoudre le titanate formé à partir du métal ; il ne faut pas dépasser 60° pour éviter toute hydrolyse. On filtre après avoir étendu d'eau et on lave. L'oxyde reste inattaqué.

Pour *l'analyse*, on sèche le produit à 105°, puis, par oxydation au rouge vif d'un poids connu, on le transforme en anhydride titanique, qu'on pèse à poids constant.

Des réductions analogues faites sur l'anhydride tungstique, l'anhydride molybdique, le sesquioxyde de fer, l'oxyde salin de manganèse m'ont donné toute satisfaction avec les métaux correspondants.

On peut, dès à présent, considérer que l'expérience isolée de Chénevix est la base d'une *méthode générale* de préparation des oxydes minéraux; sa simplicité la recommande soit pour l'obtention de composés connus, soit pour tenter la synthèse de nouveaux corps ; elle peut s'étendre à beaucoup de composés binaires et même aux sels minéraux insolubles.

Je me propose de compléter cette étude en indiquant quelles sont les variations thermiques enregistrées au cours de ces réductions pour en déduire les températures exactes de formation des oxydes. J'étudierai en outre les phénomènes magnétiques relatifs aux oxydes préparés par cette méthode.

BOTANIQUE. — *Greffes de Carotte sur Fenouil poivré.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Au printemps dernier, j'ai greffé une Ombellifère alimentaire, la Carotte rouge demi-longue nantaise, sur une Ombellifère aromatique, le Fenouil poivré, qu'il ne faut pas confondre avec le Fenouil doux. La racine de la Carotte est tuberculeuse, rouge, très sucrée; elle a une odeur spéciale et ne

contient pas de principe âcre sensible au goût. La racine du Fenouil n'est pas tuberculeuse à proprement parler; elle est blanche, peu sucrée; son odeur est très différente de celle de la Carotte et sa saveur est âcre et poivrée.

Ces greffes sont très délicates. Voici comment j'ai opéré : j'ai semé séparément dans des godets nombreux quelques graines de Carotte et de Fenouil poivré, puis j'ai laissé une seule plantule par godet. Quand les racines ont eu atteint la grosseur d'un crayon, je les ai greffées en fente sans sortir le sujet de son godet. Les greffes achevées ont été placées sous verre et ont reçu les soins nécessaires jusqu'à la reprise et la mise complète à l'air libre. Ce qui cause souvent l'échec de la greffe, c'est que la racine sujet et la racine greffon ont une tendance constante à s'affranchir au contact du sol. La suppression des organes de remplacement (racines ou bourgeons adventifs) est difficile à faire d'une façon complète sans endommager les greffes.

J'ai réussi 18 greffes sur 100, ce qui est un chiffre bien minime. Il faut ajouter que ces 18 greffes n'étaient pas des greffes ordinaires, mais bien des greffes mixtes, dans lesquelles le greffon vivait exclusivement aux dépens du sujet, ou des greffes siamoises quand, comme cela avait eu lieu pour deux exemplaires, la Carotte greffon possédait des racines adventives tout en étant intimement soudée à la racine du Fenouil sujet, celui-ci ayant lui-même des pousses feuillées.

J'ai cueilli toutes ces greffes dans la seconde semaine d'octobre. J'ai constaté que toutes les Carottes greffées s'étaient tuberculisées, mais les tubercules variaient singulièrement comme dimensions suivant les exemplaires. Leur couleur était rouge, mais teintée de brun ou de verdâtre chez divers exemplaires. La chair, rouge également, était, dans la plupart des cas, plus pâle et plus dure que chez les témoins, mais la ligne de démarcation était très nette entre les tissus du greffon et ceux du sujet, à l'œil nu comme au microscope. L'odeur était plus ou moins atténuée chez les Carottes greffées, mais cette odeur ne semblait pas tenir nettement du Fenouil sujet.

Ce qui était le plus remarquable, c'est que toutes les Carottes greffées, moins sucrées que les témoins, présentaient, à des degrés divers, le goût poivré de la racine du Fenouil, mais toutefois à un degré moindre que celle-ci. J'ai constaté que cette transmission du goût était plus prononcée dans les greffes mixtes que dans les greffes siamoises et que le goût poivré était plus accentué dans les régions du tubercule les plus voisines du bourrelet. Les feuilles des Carottes greffées avaient conservé leur saveur douce habituelle.

De cette expérience, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les pigments de la Carotte ne passent pas dans le Fenouil sujet, mais le greffage modifie plus ou moins la pigmentation du tubercule de la Carotte, révélant ainsi les troubles amenés par la symbiose dans les échanges de matière chez le greffon;

2° La chair de la Carotte est durcie, moins riche en sucres, et les substances âcres de la racine sujet passent dans les tubercules du greffon, au travers du bourrelet. La Carotte perd ainsi sa valeur alimentaire et l'on a réalisé un greffage détériorant. Ce passage s'effectuant quand celui des pigments n'a pas lieu, montre que de la façon de se comporter d'une substance on ne peut préjuger ce qui se passe pour une autre chez les plantes greffées.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur la présence d'acide nitreux dans la sève des végétaux supérieurs*. Note de M. **P. Mazé**, présentée par M. Müntz.

Après avoir assimilé, au point de vue physiologique, le liquide d'exsudation nocturne des végétaux supérieurs, à l'urine des animaux, j'ai été conduit par voie de déduction à pousser plus loin l'analogie entre les deux excrétions :

Dans l'urine, on trouve, à côté des produits de désassimilation, des substances telles que les diastases, qui sont éliminées parce que l'organisme en produit plus qu'il n'en détruit.

On pouvait donc s'attendre à rencontrer aussi dans les exsudations végétales des substances susceptibles de jouer un rôle physiologique intéressant; cette déduction était d'autant plus légitime que les stomates aquifères sont en relation directe avec la sève végétale.

J'ai réussi ainsi à découvrir deux composés, les diastases mises à part : l'acide nitreux et une substance organique capable de faire verdir les feuilles de maïs atteint de chlorose.

Je résumerai ici les observations relatives à l'acide nitreux, faites sur le maïs cultivé en solution minérale aseptique.

La présence constante des nitrates dans la sève et dans le liquide d'exsudation du maïs cultivé dans la terre, ou dans les solutions nutritives pourvues de nitrates, fait supposer que l'acide nitreux dérive de l'acide nitrique.

Mais j'ai montré que les feuilles de maïs ou les plantules privées de la graine et des racines ne réduisent pas les nitrates même à l'abri de l'air [1].

On peut d'ailleurs prouver directement que l'acide nitreux est un produit d'élaboration des cellules végétales. Il suffit pour cela de cultiver des plants de maïs dans une solution minérale exempte de nitrate, où l'aliment azoté est le sulfate ou le chlorure d'ammonium.

On constate alors que le liquide exsudé renferme de l'acide nitreux et pas de nitrates, bien entendu ; sa richesse en acide nitreux est comparable à celle des exsudats fournis par les plantes cultivées en présence de nitrates.

L'élimination de l'acide nitreux présente une relation étroite avec l'activité des cellules végétales.

Après une journée ensoleillée, les premières gouttes excrétées donnent, avec le réactif de Tromsdorff, une réaction faible ou nulle, même quand le liquide renferme des nitrates ; le lendemain, au contraire, il est relativement riche en nitrites.

Si le ciel est couvert et le temps pluvieux, les fonctions végétales sont très ralenties et le liquide d'exsudation perle quelquefois toute la journée le long des bords des feuilles. Dans ces conditions, il est toujours riche en acide nitreux.

Si l'on transporte les plantes dans une chambre obscure afin de provoquer l'exhalation, le réactif iodamylique donne avec l'exsudat une réaction négative lorsque l'épreuve est faite entre 14 et 16 heures avec des plantes exposées jusque-là à un soleil ardent.

La réaction est toujours positive, au contraire, si l'expérience est faite par un temps couvert.

L'exsudat du matin renferme jusqu'à $\frac{1}{15000}$ d'acide nitreux dans les conditions favorables ; mais il faut tenir compte de la concentration due à l'évaporation dans une véranda fermée où la température nocturne ne tombe pas au-dessous de 20° C.

Le liquide recueilli sur les plantes cultivées en pleine terre (chou, millet, pavot) donne une réaction plus faible, parce qu'il est dilué dans un peu de rosée.

3 ou 4 gouttes d'exsudat riche, introduites dans 5^{cm^3} d'eau distillée additionnée de 4 ou 5 gouttes de réactif de Griess, donnent une coloration rose très nette, caractéristique de l'acide nitreux, et cela avec l'exsudat fourni par des pieds de maïs cultivés en solution ammoniacale.

---

(1) P. Mazé, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1911, p. 381.

L'acide nitreux existe donc normalement dans la sève des végétaux, il est élaboré par les cellules vivantes, il ne dérive pas des nitrates par voie de réduction, et sa concentration est en raison inverse de l'activité végétale.

Ce sont les mêmes conclusions, exactement, que j'ai déduites des recherches que j'ai faites sur le même composé chez les microbes et les animaux [1]. Si l'on veut bien considérer la puissance du pouvoir oxydant de l'acide nitreux en milieu acide et la place qu'il tient dans la chimie des matières azotées, on a le droit de supposer que son rôle dans les combustions qui s'effectuent dans la cellule vivante ne doit pas être négligeable.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un nouveau groupe naturel de plantes à acide cyanhydrique, les* Calycanthacées. Note de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

La petite famille des Calycanthacées, voisine des Magnoliacées et des Anonacées dans l'ordre des Ranales, comprend les deux genres *Calycanthus* L. et *Chimonanthus* Lindl. Le premier de ces genres est représenté par trois espèces qui croissent dans l'Amérique boréale, le second par deux espèces appartenant à la Chine et au Japon. Le *Calycanthus floridus* L., l'« arbre aux anémones », le *Chimonanthus fragrans* Lindl. sont des arbrisseaux rustiques bien connus, introduits en Europe depuis de longues années, comme plantes ornementales dans les parcs et les jardins; ces espèces ont donné plusieurs variétés.

La formation de substances du type cyanhydrine chez les végétaux a une signification encore obscure et très controversée, mais il semble, à certains indices, qu'elle joue un rôle considérable dans la synthèse de la matière vivante. Le problème de la cyanogenèse a donc une grande importance au double point de vue botanique et chimique. La résolution de ce problème complexe dépend de la résolution d'un grand nombre de problèmes de détail; en particulier, il est utile de rechercher les plantes qui contiennent de l'acide cyanhydrique. Je crois donc intéressant de signaler la famille des Calycanthacées comme un nouveau groupe naturel de plantes à acide cyanhydrique.

J'ai constaté la présence de cette substance dans les deux genres *Calycanthus* et *Chimonanthus*, par le procédé récent de l'anesthésie [2], par le

(1) *Comptes rendus*, 1911, t. 152, p. 1624 et t. 153, p. 357.
(2) Mirande, *Comptes rendus*, 12 juillet 1909.

procédé de la macération des organes végétaux suivie de leur distillation et par l'analyse et le dosage de l'acide cyanhydrique dans le distillat. Le distillat présente toutes les réactions caractéristiques de l'acide cyanhydrique, notamment la réaction fondamentale du bleu de Prusse. Les dosages ont été effectués par les méthodes comparées de Liebig et de Fordos et Gélis.

Je n'ai étudié que les feuilles et j'ai dosé leur acide cyanhydrique pendant la première moitié du mois de septembre. Il est probable que la teneur en acide doit varier suivant les sujets, suivant leur âge, et au cours de la végétation annuelle, comme on l'a constaté pour de nombreuses plantes à acide cyanhydrique.

Voici les quantités, en grammes et pour 100 de feuilles fraîches, trouvées dans les quatre espèces que j'ai étudiées :

Calycanthus floridus L.	0,004
Calycanthus lævigata Willd.	0,004
Calycanthus occidentalis Hook.	0,016
Chimonanthus fragrans Lindl.	0,019

L'acide cyanhydrique n'est pas à l'état libre dans la plante, mais il est un des produits de dédoublement d'une substance cyanique sous l'influence d'une enzyme également contenue dans la plante. L'acide cyanhydrique se dégage quand on provoque la mort plasmolytique de la cellule et le mélange des contenus cellulaires par le moyen de l'anesthésie ou par le moyen de la macération des organes frais rapidement hachés et contusés.

MÉDECINE. — *Sur l'action du vaccin antityphoïdique polyvalent, chez les personnes en état d'infection latente par le bacille d'Eberth.* Note de M. **H. Vincent**, présentée par M. A. Laveran.

Dans la pratique de la vaccination antityphoïdique en période épidémique, il est une circonstance qui se présente assez souvent et mérite l'attention. Elle est relative aux cas où le sujet, étant en incubation de fièvre typhoïde, et n'offrant, d'ailleurs, aucun signe apparent de cette infection encore latente, a pu recevoir, pour cette raison, une ou plusieurs inoculations de typho-vaccin.

Deux cas peuvent se présenter suivant que l'infection éberthienne est tout à fait récente ou qu'elle est plus tardive au moment où interviennent les premières inoculations de vaccin.

I. Dans une Note précédente ([1]) j'ai signalé que, sur cinq sujets réceptifs, ayant avalé des quantités véritablement énormes de bacilles typhiques vivants, l'un d'eux était déjà immunisé par une vaccination antérieure. Mais les quatre autres ont reçu leur première injection d'antigène seulement le lendemain et même le surlendemain de l'accident. Or, tous ont également échappé à la fièvre typhoïde.

On peut donc conclure : 1° que l'immunité active déterminée par l'antigène est très précoce; l'inoculation sous-cutanée du typho-vaccin polyvalent détermine, en effet, dans le sang, la formation d'anticorps bactériolytiques et bactéricides dès le quatrième jour (parfois le troisième) qui suit cette injection ;

2° Que l'injection de ce vaccin ne provoque en rien, chez les personnes en puissance de bacille d'Eberth, l'éclosion de ce que A.-E. Wright a appelé la *phase négative*, c'est-à-dire une prédisposition à l'aggravation de l'infection typhoïdique ;

3° Que lorsque la typho-vaccination est assez rapprochée de la date d'infection, cette infection peut être neutralisée avant que le microbe pathogène ait eu le temps de se multiplier.

Au point de vue pratique, *l'immunisation active à l'aide du vaccin polyvalent, opérée en temps d'épidémie, donne, par conséquent, la possibilité de protéger même les personnes déjà infectées* 24 *heures ou* 48 *heures auparavant, par le bacille d'Eberth.*

II. Si l'infection spécifique est plus ancienne, le bacille a eu le temps de pulluler et d'envahir le sang pendant la phase silencieuse d'incubation. En pareille occurrence, l'inoculation de typho-vaccin arrive évidemment trop tard pour enrayer le processus infectieux.

Or il a été permis d'observer que, même dans cette circonstance, l'inoculation de l'antigène a eu pour conséquence une protection appréciable du sujet. Une ou deux injections ayant été faites en temps d'épidémie (Maroc, Algérie, France), chez des personnes en incubation de fièvre typhoïde, alors qu'on ne pouvait présumer l'apparition prochaine de cette affection, celle-ci a, dans neuf cas observés jusqu'ici, affecté une évolution brève et bénigne. La durée de la fièvre n'a pas dépassé 12 à 14 jours; elle a été, parfois, de 5 à 8 jours. Les symptômes nerveux ont été faibles ou nuls. Il n'y a eu aucune complication viscérale.

([1]) H. Vincent, *Sur l'immunisation active de l'homme contre la fièvre typhoïde* (*Comptes rendus*, t. 155, 26 août 1912, p. 180).

Il résulte, en conséquence, de ce qui précède, que l'inoculation de typho-vaccin polyvalent chez les sujets en incubation de fièvre typhoïde n'évoque nullement une *phase négative*. Non seulement les injections vaccinantes n'aggravent pas la maladie, mais encore *elles peuvent exercer une action favorable sur son évolution et son pronostic*, en provoquant la formation nouvelle d'anticorps et un commencement d'immunité qui réduit la gravité et la durée de l'infection.

Le pouvoir immunigène du vaccin polyvalent stérilisé par l'éther s'est montré très actif chez les individus, adultes et enfants, au nombre de plus de 20000, à qui ce vaccin a été jusqu'ici inoculé. Aucun des vaccinés qui ont vécu au milieu d'épidémies très graves n'a contracté la fièvre typhoïde. L'immunité conférée par ce vaccin a donc été, jusqu'ici, *absolue* [1].

Bien qu'il soit toujours préférable de faire les inoculations avant la période habituelle (estivo-automnale) d'apparition de la fièvre typhoïde, il résulte de ce qui précède que les vaccinations antityphiques, si efficaces, peuvent être pratiquées aussi au début ou au cours même des épidémies.

ANATOMIE MICROSCOPIQUE. — *Sur la présence des corpuscules de Herbst dans la glande uropygienne des Oiseaux.* Note de M. **Paul Paris**, présentée par M. Yves Delage.

Au cours de recherches physiologiques sur la glande uropygienne des Oiseaux, nous avons été surpris de son extrême sensibilité, le moindre attouchement de cet organe provoquant de la part de l'animal d'énergiques mouvements de défense. On pouvait donc y prévoir l'existence de terminaisons nerveuses tactiles, dont la présence nous a, en effet, été révélée par l'étude histologique de cette glande. Il s'agit des corpuscules de Herbst, et nous les avons rencontrés dans la glande uropygienne des Oiseaux les plus variés. Ce genre de terminaisons sensitives, propre, comme l'on sait, aux Oiseaux, est, d'ailleurs, extrêmement répandu chez beaucoup de ces animaux, principalement dans le bec et la langue. Rares sont ceux qui, comme les Passériformes, en sont complètement dépourvus. Or nous avons découvert des corpuscules de Herbst chez ces derniers, dans la glande de tous ceux que nous avons examinés. Les corpuscules se mon-

---

(1) H. Vincent, *Académie de Médecine*, 8 octobre 1912, et *XIIIe Congrès de Médecine*, 15 octobre 1912.

trent en quantité plus ou moins considérable suivant les espèces. De toutes celles que nous avons étudiées, c'est la Grue (*Grus grus*) qui nous en a présenté le plus grand nombre. Il existe aussi, à leur sujet, des variations individuelles. Un Moineau (*Passer domesticus*) en possédait beaucoup plus que tous les autres qui ont servi à nos recherches.

C'est presque uniquement dans le mamelon excréteur de la glande, mamelon plus ou moins en saillie au-dessus du tégument, que se localisent les corpuscules de Herbst, qu'il soit très charnu comme celui des Ansériformes, des Phœnicoptériformes, des Procellariformes, ou très mince et fibreux comme celui des Passériformes, des Psittaciformes, des Coraciiformes. Nous en avons, cependant, trouvé chez un *Passer domesticus*, dans l'épaisseur d'un septum transversal, à la base du réservoir collecteur de la sécrétion uropygienne, assez loin, par conséquent, dans la profondeur de la glande et en contact immédiat avec ses tubes sécrétoires. Chez *Netta rufina*, nous en avons vu occuper une situation analogue, dans un septum tendu verticalement sous l'un des conduits excréteurs de l'organe. Dans le Coucou (*Cuculus canorus*), il en existe sous la glande, dans son tissu conjonctif d'attache avec les follicules des rectrices médianes.

Quand le mamelon se garnit d'une couronne de plumules terminales, les corpuscules de Herbst sont la plupart du temps enfouis dans le tissu d'enveloppe des follicules de ces plumules. Ils se distribuent très irrégulièrement dans la masse des tissus, surtout chez *Cuculus canorus*, où, alors que de grands espaces en restent dépourvus, on les rencontre par petits amas à la face inférieure du mamelon.

Ils ont une forme plus ou moins allongée suivant les espèces et tournent habituellement leur grand axe parallèlement à celui du mamelon excréteur. Leur grosseur varie beaucoup, non seulement d'une espèce à l'autre, mais dans une même glande. Il en est de très volumineux, et nous en avons mesuré qui dépassaient un demi-millimètre de longueur dans le mamelon excréteur du *Spheniscus demersus*.

On sait que la glande uropygienne des Oiseaux reçoit, de chaque côté, c'est-à-dire pour chaque demi-glande dont elle se compose, un nerf mixte, rameau d'origine médullaire, auquel s'est fusionné un petit filet d'origine sympathique. Les fibres à myéline qui viennent de la moelle sont en rapport avec les corpuscules de Herbst, les fibres sympathiques, qui accompagnent les vaisseaux dans la profondeur de la masse glandulaire, étant vaso-motrices.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des rayons ultraviolets sur le suc pancréatique. Leur influence sur l'activation du suc par la kinase et par les sels de calcium.* Note de MM. **C. Delezenne** et **M. Lisbonné**, présentée par M. Roux.

On sait que le suc pancréatique, rigoureusement inactif sur l'ovalbumine ou sur la gélatine, lorsqu'il est recueilli dans certaines conditions d'asepsie et de pureté, n'acquiert d'activité protéolytique que par adjonction soit d'une diastase, l'entérokinase (1), soit de certains électrolytes, les sels de calcium (2).

Ces deux modes d'activation sont des phénomènes relevant de mécanismes différents, au moins en apparence, que certains artifices permettent de dissocier dans un même suc. C'est ainsi qu'après filtration au travers d'une paroi de collodion, le suc pancréatique a conservé la propriété de s'activer par l'entérokinase, tandis qu'il a perdu complètement celle de s'activer par les sels de chaux (3). Ce fait, joint à une série d'autres qui ont mis en évidence l'analogie du rôle de ces sels de chaux dans la coagulation du sang et dans l'activation du suc pancréatique (en particulier, l'influence de la nature physique de la paroi) (4) a amené l'un de nous à émettre l'hypothèse que dans le suc pancréatique normal existe, à côté du trypsinogène, une prokinase, inactive par elle-même sous cette forme, mais qui, sous l'influence des sels de chaux, se transformerait en kinase et dès lors déclencherait l'activité protéolytique de la trypsine.

---

(1) C. Delezenne et A. Frouin, *Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 1526.

(2) C. Delezenne, *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 781. — Certains sucs recueillis tout à fait purs, et rigoureusement inactifs à l'origine, finissent à la longue par s'auto-activer. Cette activation est due à la chaux apportée par le suc lui-même. Elle ne se produit plus dans un suc fluoré ou oxalaté.

(3) Ayrton Barbara a montré depuis que le suc, dépouillé de sa chaux par précipitation par l'oxalate d'ammoniaque, a perdu la faculté de s'activer par recalcification, alors qu'il possède encore celle de s'activer par l'entérokinase. Nous pouvons confirmer ce fait dont l'interprétation nous paraît plus simple que celle proposée par cet auteur. Il est vraisemblable que l'expérience s'explique par l'adsorption sur le précipité d'oxalate de chaux de la prokinase ou des granulations qui lui servent de substratum, et son entraînement consécutif soit par la filtration, soit par la centrifugation. A elle seule, d'ailleurs, la centrifugation peut déjà réduire, dans des proportions appréciables, l'activabilité par les sels de chaux. (Nous avons montré antérieurement qu'elle supprime complètement la faculté que possèdent certains sucs de s'activer par les sels de magnésium ou de baryum.) On comprend aisément cependant que la filtration au travers d'une membrane de collodion soit le procédé de choix pour obtenir un suc totalement inactivable par les sels de chaux.

(4) C. Delezenne, *Comptes rendus*, t. 114, 1907, p. 506.

L'emploi des rayons ultraviolets permet également de dissocier ces deux mécanismes d'activation avec la plus grande facilité.

Nos expériences ont été faites avec du suc pancréatique de chien obtenu par injection de sécrétine et reconnu rigoureusement inactif sur la gélatine avant l'irradiation.

La source lumineuse est constituée par une lampe à vapeur de mercure du type Westinghouse (3,5 ampères, 80 volts).

Les tubes de quartz contenant le suc sont placés à une distance d'environ $0^m,13$ à $0^m,15$ du foyer lumineux. Un dispositif très simple empêche leur température de s'élever au-dessus de 30°. Du suc irradié dans les mêmes conditions, mais dans des tubes de verre, sert de témoin, permettant ainsi d'éliminer toute action due à la lumière visible.

Nous avons prélevé méthodiquement de demi-heure en demi-heure, au cours de l'irradiation, des échantillons de suc que nous avons mis en présence de kinase et de $CaCl^2$. Après les temps voulus de contact (30 minutes à 1 heure pour les sucs kinasés, 5 à 24 heures et plus pour les sucs calcifiés) nous en avons déterminé l'activité protéolytique vis-à-vis soit de cubes d'albumine, soit de gélatine liquide.

Nous avons constaté que *les sucs irradiés pendant un temps compris entre* $2^h 15^m$ (pour les sucs liquides) *et* $3^h 15^m$ (pour les sucs visqueux) *ont complètement perdu la propriété de s'activer par les sels de chaux*, tandis qu'ils sont encore activables au plus haut degré par la kinase. Des cubes d'albumine ont pu, dans certaines expériences, rester au contact du suc irradié et calcifié pendant plus de 10 jours à 40° sans subir le moindre commencement de digestion, tandis que dans les tubes témoins (suc irradié kinasé et suc irradié en tube de verre et calcifié) la digestion était complète en 20-22 heures.

Nous avons cherché à déterminer concurremment le degré de destruction du trypsinogène par les rayons ultraviolets dans ce même laps de temps. En utilisant la méthode de Mett, nous avons vu qu'au moment où le suc devient définitivement inactivable par les sels de chaux, l'activité tryptique n'a perdu qu'un tiers au maximum de sa valeur primitive.

Il nous a paru utile d'apprécier la résistance à ces radiations des différentes diastases du suc pancréatique.

Nos expériences nous ont montré qu'au moment où le suc devient inactivable par le calcium, *il est dépourvu de toute propriété lipasique* (mesurée par la méthode de Städe). Ce qui revient à dire que *la lipase et la prokinase sont détruites par les rayons ultraviolets d'une façon exactement parallèle.*

Le *trypsinogène*, plus résistant, ne disparaît pour ces mêmes sucs qu'après un minimum de 4 heures d'irradiation.

Quant à l'*amylase*, c'est, de ces diastases, celle qui présente le moins de sensibilité aux rayons ultraviolets. Au moment de la disparition de la prokinase et de la lipase, elle n'a perdu que $\frac{1}{5}$ de sa valeur première; encore présente, quoique atteinte dans les $\frac{4}{5}$ de son intégrité normale, quand le trypsinogène est irrémédiablement détruit, elle n'est totalement déficiente qu'après une moyenne de 5 heures d'irradiation.

L'ensemble de ces faits nous a paru présenter un double intérêt théorique et pratique.

Au point de vue doctrinal, ils viennent à l'appui de l'hypothèse de Delezenne concernant le mécanisme de l'activation du suc par les sels de chaux. Ils montrent effectivement que la substance sur laquelle le calcium exerce son activité, substance retenue par la membrane de collodion, se comporte vis-à-vis des radiations ultraviolettes à l'instar de toutes les diastases et peut être considérée comme une véritable prokinase que les sels de chaux transforment en kinase, de la même manière que dans le processus de la coagulation du sang, ils transforment le profibriniferment en fibriniferment.

En outre, ces expériences, en attirant l'attention sur le parallélisme étroit de la disparition de la lipase et de la prokinase, suggèrent l'idée qu'il y a peut-être dans ce parallélisme plus qu'une simple coïncidence et peuvent par là orienter l'expérimentation dans une direction nouvelle.

Au point de vue pratique, l'exposition du suc pancréatique aux rayons ultraviolets réalise un procédé facile et certain de sa conservation à l'état d'inactivité. On sait que, très souvent, les sucs de sécrétine finissent par s'autoactiver, soit par suite de leur richesse anormale en chaux, soit par suite de l'envahissement microbien [1]. En détruisant irrémédiablement, d'une part, la prokinase; en la stérilisant d'autre part, d'une façon absolue, ces radiations rendent le phénomène impossible.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le rôle antiseptique du sel marin et du sucre.* Note de M. **L. Lindet**, présentée par M. Th. Schlœsing père.

Il est facile de concevoir comment certains corps qui sont pour nous des poisons, comme les composés de l'arsenic et du mercure, peuvent arrêter

[1] C. Delezenne, *C. R. Soc. Biol.*, 1902, p. 930.

le développement des microbes; mais l'action du sel marin et du sucre, dont nous faisons un usage journalier, me semble ne pas avoir été suffisamment envisagée.

Elle s'explique cependant par la facilité avec laquelle les microbes se plasmolysent; ils cèdent à une solution concentrée de sel ou de sucre une partie de leurs éléments constitutifs, s'affaiblissent et ne présentent plus la même capacité de reproduction.

J'ai voulu rechercher dans quelle mesure le composition des microbes est capable de se modifier sous l'influence de solutions sucrées ou salines, de concentration variable, et j'ai choisi celui des microbes qu'il est le plus facile de se procurer en masse, la levure de distillerie; celle-ci provenait de la distillerie Springer, à Maisons-Alfort (Seine). Dans le but de mesurer la sensibilité du phénomène, je n'ai laissé la levure en contact de la solution que pendant 24 heures, et j'ai dosé l'azote, l'acide phosphorique et la potasse dans les liquides filtrés. J'ai rapporté les chiffres obtenus à la quantité de matières que la levure contenait primitivement.

	Pour 100 des éléments contenus dans la levure.		
	Azote.	Acide phosphorique.	Potasse (KO^2).
Témoin eau pure	1,89	2,28	73,3
Solution de sel à 2 pour 100	1,99	5,28	75,4
Solution de sel à 4 pour 100	2,19	6,40	77,8
Solution de sel à 8 pour 100	2,65	7,08	82,1
Témoin eau pure	1,89	1,78	73,3
Solution de sucre à 20 pour 100	»	5,33	92,6
Solution de sucre à 40 pour 100	»	»	93,8
Solution de sucre à 80 pour 100	11,13	11,38	96,8

Évidemment les quantités d'azote et d'acide phosphorique dont la cellule s'est appauvrie ne sont pas très considérables, surtout en présence de la solution de sel; mais il faut songer qu'elles représentent les matières les plus solubles de la cellule, celles que la cellule mettra en jeu dès les premiers moments de son évolution. La solubilité des composés potassiques au contraire leur confère un coefficient de diffusion considérable.

L'étude au microscope des levures ainsi soumises à l'action des solutions salines ou sucrées révèle avec netteté leur amaigrissement.

En présence de ces faits, il était intéressant de rechercher comment se reproduisent, sur bouillon de touraillons, gélatiné et sucré, des globules de

levure qui ont séjourné 48 heures au contact des mêmes solutions. J'ai appliqué, pour la numération des levures la technique que j'ai exposée dans un précédent travail (*Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 802), et j'ai rapporté le nombre des colonies comptées au milligramme de levure.

	Colonies par milligramme de levure.
Témoin	4514000
Solution de sel à 5 pour 100	4370000
Solution de sel à 10 pour 100	1733000
Solution de sel à 20 pour 100	600000
Solution de sucre à 20 pour 100	1525000

Il convient, en outre, de faire remarquer que les colonies de ces différentes levures ont apparu sur la gélatine avec un retard d'autant plus grand qu'elles avaient séjourné au contact de solutions plus concentrées. Une fois apparues, elles n'ont pas augmenté sensiblement en nombre du jour au lendemain ; mais celles qui ont été formées au début ont grossi régulièrement, au fur et à mesure qu'elles retrouvaient dans le bouillon gélatiné les éléments qu'elles avaient perdus.

J'ai commencé des expériences analogues avec le ferment lactique et avec des champignons; mais ces expériences sont plus difficiles à réaliser, et je demande crédit pour quelque temps.

Je me réserve également de rechercher l'action de quelques autres antiseptiques, comme le formol, sous l'influence duquel la cellule se rétracte nettement et plasmolyse rapidement en présence de l'eau.

MICROBIOLOGIE. — *Fermentation du sucre par le* Bacillus subtilis. *Production du 2.3-butylèneglycol.* Note de M. **Lemoigne**, présentée par M. Roux.

L'étude du fonctionnement des lits percolateurs m'a amené à ranger le *B. subtilis*, le *B. mesentericus* et les microbes du même groupe parmi les agents les plus actifs de l'épuration des eaux d'égouts (1). Leur pouvoir oxydant vis-à-vis des matières organiques est très grand et je cherche à en établir le mécanisme chimique. Je résumerai ici les résultats relatifs à la

(1) Lemoigne, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1873.

combustion du sucre par le *B. subtilis*. Je me suis surtout attaché à suivre les variations du quotient respiratoire.

Toutes les cultures ont été faites à 30°. Les méthodes d'analyse seront exposées dans un autre travail.

Expérience A. — Le *Bacillus subtilis* était cultivé dans 50^{cm^3} de bouillon minéral additionné de $0^g,25$ de peptone Chappoteaut et de 2^g de saccharose. Le volume des ballons était de 3^l.

Durée en jours.	Oxygène absorbé en cm³.	CO^2 dégagé en cm³.	Rapport $\frac{CO^2}{O^2}$.	Oxygène restant pour 100^{cm^3} d'atmosphère en cm³.	Acétylméthylcarbinol en grammes.
2...........	147,86	259,46	1,75	15,5	0,099
6...........	478,65	736,37	1,53	4,5	0,508
12...........	567,05	820,42	1,45	0	0,362

Expérience B. — Le *Bacillus subtilis* était cultivé dans 100^{cm^3} de bouillon de haricots additionné de 4^g de saccharose. Je faisais, dès le début, un vide partiel dans le ballon pour arrêter très tôt les phénomènes d'oxydation.

Durée en jours.	Oxygène absorbé en cm³.	CO^2 dégagé en cm³.	Rapport $\frac{CO^2}{O^2}$.	Oxygène restant.
4..............	72,06	159,28	2,21	0

Dès le début de la culture, même en présence d'oxygène, le rapport $\frac{CO^2}{O^2}$ est supérieur à l'unité. Il y a donc formation d'anhydride carbonique par un véritable processus de fermentation.

Comme, d'autre part, il y a plus d'oxygène dégagé sous forme de CO^2 qu'il n'y en a d'absorbé, on doit retrouver dans la culture un produit moins oxygéné que le glucose.

La distillation des cultures de *B. subtilis* en milieu sucré donne un liquide lévogyre fortement réducteur. Péré, qui avait observé le premier ce fait, l'attribuait à la présence de l'aldéhyde glycérique (1). Desmots par contre a montré qu'il est dû à l'acétylméthylcarbinol

$$CH^3 - CH.OH - CO - CH^3$$

(pouvoir rotatoire gauche, osazone fondant à 243°, tétrazone fondant à 151°) (2). Récemment Harden et Morris ont confirmé le travail de Desmots (3) que j'avais de mon côté vérifié à de nombreuses reprises.

(1) Péré, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1896, t. X, p. 417.

(2) Desmots, *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 581.

(3) Harden et Norris, *Proceedings of the Royal Society*, 1912, B, avril.

La formation de ce corps permet de comprendre *a priori* la valeur trouvée pour le rapport $\frac{CO^2}{O^2}$, ainsi que l'indique l'équation suivante :

$$(1) \qquad C^6H^{12}O^6 + 2O = C^4H^8O^2 + 2CO^2 + 2H^2O; \qquad \frac{CO^2}{O^2} = 2.$$

Mais si dans le cas de l'expérience A dans l'essai fait le deuxième jour, on retranche, de l'oxygène absorbé et de l'acide carbonique dégagé, les quantités de ces gaz dues à la formation de l'acétylméthylcarbinol d'après l'équation (1), on trouve qu'il reste encore 210^{cm^3} d'acide carbonique et 123^{cm^3} d'oxygène. Le rapport $\frac{210}{123} = 1,70$ est supérieur à l'unité. Il y a donc encore autre chose qu'une simple combustion qui donnerait un rapport égal à l'unité, et un produit moins oxygéné que le glucose, autre que l'acétylméthylcarbinol, doit se former également.

D'ailleurs le rapport $\frac{CO^2}{O^2}$ trouvé dans l'expérience B est supérieur à 2 et ne peut être expliqué par l'équation (1).

Desmots a signalé, dans les cultures du *B. subtilis*, la présence d'alcool éthylique sans toutefois indiquer la méthode de recherche. Si cet alcool existe dans les cultures ce n'est qu'à l'état de traces qui ne peuvent influer sensiblement sur la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O^2}$.

La présence de l'acétylméthylcarbinol m'a fait prévoir celle du 2.3-butylèneglycol dont il dériverait par oxydation :

$$CH^3.CH.OH.CH.OH.CH^3 \rightarrow CH^3.CHOH.CO.CH^3.$$

Ce butylèneglycol a été observé par Harden et Walpole dans les produits de la fermentation du sucre par le *lactis aerogenes* en vie anaérobie [1].

En fait, après avoir chassé tout l'acétylméthylcarbinol par distillations successives, j'ai obtenu un liquide non réducteur qui, oxydé par le brome au bain-marie à 100°, m'a donné un produit très réducteur que j'ai identifié au biacétyle $CH^3.CO - CO - CH^3$ par l'étude de sa phénylosazone. Le produit primitif qui a été oxydé était donc bien le butylèneglycol.

La combustion du sucre en vie aérobie par le *B. subtilis* comprend donc deux phases :

---

[1] Harden et Walpole, *Proceedings of the Royal Society*, 1906, B, t. LXXVII, p. 399.

1° Une fermentation qui aboutit à la formation du 2.3-butylèneglycol;

2° Une oxydation par laquelle le butylèneglycol est transformé en acétylméthylcarbinol qui, à son tour, est détruit par le microbe.

Les produits transitoires de cette combustion du sucre offrent un grand intérêt théorique. S'agit-il d'un type de fermentation spéciale ou au contraire ces substances dérivent-elles de la fermentation lactique ou de la fermentation alcoolique? Je compte être bientôt en mesure de pouvoir apporter une réponse à cette question.

GÉOLOGIE. — *Sur des empreintes (Méduses, Algues) recueillies dans le Carbonifère des environs de Suez.* Note de MM. **Couyat** et **Fritel**, présentée par M. A. Lacroix.

Dans une Note précédente (¹) nous avons étudié une importante flore fossile du grès nubien d'Assouan nous permettant d'attribuer au Crétacé supérieur (aturien), l'âge de cette formation peu connue. C'est surtout au nord du Sinaï et au Ouadi Arabba que ce grès offre le plus d'intérêt car dans ces deux régions il repose sur des roches éruptives antérieures à son dépôt et s'étend jusqu'au calcaire cénomanien. Sa partie inférieure y est nettement carbonifère, un banc de calcaire westphalien à *Orthis Michelini* la sépare du *grès de Nubie* proprement dit; on voit donc celui-ci s'étendre en transgression en s'avançant vers le Sud.

Les recherches poursuivies par l'un de nous, dans le voisinage du canal de Suez, l'amenèrent à étudier ces deux régions qui sont le point de départ des roches sédimentaires, à l'effondrement desquelles est due la dépression correspondant à l'isthme de Suez.

Des empreintes curieuses y ont été recueillies : ce sont des moules d'un relief parfois très accentué, dus au remplissage de traces imprimées sur un fond marin sableux par des organismes mous.

On peut les ramener aux types suivants :

1. Fuseaux rectilignes ou légèrement courbés, simples ou bifurqués à leur extrémité, parfois flabelliformes ou tordus longitudinalement; leur taille atteint 10^{cm} de long. Ils sont généralement disposés par groupes;

(¹) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 961-964.

2. Traces plus courtes, plus fines, très nombreuses, disposées en groupes serrés, rappelant dans leur ensemble un filament pelotonné;

3. Étoile irrégulière à cinq rayons inégaux, circonscrite par un bourrelet circulaire;

4. Mamelons profondément lobés à leur périphérie;

5. Sillons étroits allongés et sinueux, isolés ou groupés parallèlement;

6. Bourrelets épais rectilignes ou incurvés à leur extrémité, uniformes ou en torsade grossière;

7. Lentilles isolées ou disposées en chapelets, parfois en amas irréguliers;

8. Rubans plus ou moins sinueux.

Ces empreintes proviennent du Carbonifère qui affleure au nord du Sinaï, elles sont localisées dans un grès schisteux situé au-dessous du banc calcaire violacé contenant les fossiles westphaliens suivants: *Productus scabriculus* (?), *Orthis Michelini*, *Spirifer convolutus*, sp. *striatus*, sp. *trigonalis*, des Polypiers appartenant aux genres *Zaphrentis*, *Stenopora*, etc., etc. [1].

Leur gisement est situé sur les flancs de la montagne d'Oum Bogma, le long du sentier qui conduit du Ouadi Baba à la mine de manganèse pyrolusite, et non loin de celle-ci, au milieu d'un grès argileux noir verdâtre qui se délite en plaquettes grossières.

Des traces semblables ont été signalées à différents niveaux géologiques, notamment dans le Cambrien de l'Europe et du nord de l'Amérique. Elles ont attiré l'attention de divers auteurs qui ont tenté d'en rechercher l'origine.

Nous nous reporterons, pour l'étude des nôtres, aux travaux de Saporta [2], Nathorst [3], Walcott [4], qui nous intéressent plus particulièrement. Ceux de Nathorst, basés sur des essais expérimentaux, nous paraissent le mieux expliquer la formation de ces empreintes. Nous retrouvons dans leurs Mémoires la plupart des types précédemment énumérés. C'est ainsi que le type 4 correspond au genre *Laotira* de Walcott, alors que la plupart des autres types se rapportent à des traces d'Algues et de Méduses (*Eophyton*, Torrell) ou à des empreintes d'Annélides semblables à celles que figure Nathorst au cours de son Mémoire (*Pl. V*, *VI*, *VIII*, *IX*, *X*).

---

(1) Voir Baron, *Western Sinaï*, Cairo, 1907, p. 154-171.

(2) de Saporta, *Algues fossiles*, 1882; *Organismes problématiques*, 1884.

(3) Nathorst, *Konglia Svenska Vetensk. Akad. Handl. Stockholm*, t. XVIII, n° 7, 1881, p. 4-104, avec traduction française.

(4) Walcott, *Fossil Medusæ* in *Monogr. U. S. Geol. Survey*, t. XXX, 1898. (Voir ce Mémoire pour la bibliographie de la question.)

HYDROLOGIE. — *Dissolution de la silice dans les eaux souterraines.* Note de M. F. **Dienert**, présentée par M. Müntz.

On sait que, quand on remplit d'eau des allonges contenant plusieurs kilos de sable de Loire, par exemple, et renfermant chacune une atmosphère plus ou moins riche en acide carbonique, on constate une dissolution de carbonate alcalino-terreux et de la silice par l'eau introduite.

Il existe une relation entre l'augmentation de l'alcalinité et celle de la silice dissoute.

L'expérience montre en effet que ces deux phénomènes sont reliés entre eux par une formule logarithmique.

En désignant par x l'augmentation de l'alcalinité de l'eau exprimée en chaux, par y l'augmentation de silice dissoute (exprimée en chaux également), la formule $x - y = K y$ synthétise les résultats trouvés.

Pour les sables de Loire, $\log K = 0,063$.

Augmentation de l'alcalinité trouvée (en mg de chaux par litre).	Augmentation de la silice (exprimée en mg de chaux par litre). Trouvée.	Calculée.
35	18	19
135	30,5	32
235	35,4	36,5
285	38,2	38,0
578	46,6	43,2

En l'absence de gaz carbonique, toute eau naturelle calcaire, versée dans l'allonge contenant le sable, perd son gaz carbonique et une partie de son alcalinité. L'expérience apprend que cette perte d'alcalinité n'est pas accompagnée d'une diminution de silice.

On peut utiliser cette loi relative à la dissolution de la silice, en s'aidant en outre des autres éléments de l'eau obtenus par l'analyse chimique, pour rechercher l'origine des eaux souterraines circulant à travers les alluvions.

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 14 octobre 1912.

Observatoire central de l'Indo-Chine. *Cartes du temps, à l'usage des navigateurs en mer de Chine*, par G. Le Cadet, Directeur de l'Observatoire. Phu-Lien, 1912; 1 fasc. in-f°.

L'activité de l'Institut international d'Agriculture en matière de coopération d'assurance et de crédit agricoles. Rome, 1912; 1 fasc. in-8°.

Institut international d'Agriculture. Bulletin des renseignements agricoles et des maladies des plantes; année III, n° 10, octobre 1912. Rome; 1 vol. in-8°.

Bibliothèque de l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle. Catalogue alphabétique des livres, brochures et cartes, préparé et mis en ordre par A. Collard; fasc. III. Bruxelles, Hayez, 1912; 1 vol. in-8°.

Luftdruck und Sonnenflecken, von Ernst Leyst. Moscou, 1912; 1 fasc. in-8°.

Meridian-Beobachtungen von Sternen in der Zone 65°-70° *nördlicher Declination*, von H. Geelmuyden und J.-Fr. Schroeter; II: *Katalog für das Æquinoctium* 1900,0. Christiania, A.-W. Brögger, 1912; 1 fasc. in-4°.

Memorie del R. Osservatorio astronomico al Collegio romano, pubblicate per cura di E. Millosevich; série III, t. V, parte II ed ultima. Rome, 1912; 1 vol. in-4°.

Memorie della Reale Accademia di Scienze, Lettere ed Arti in Modena; série III, t. X, parte I. Modène, 1912; 1 vol. in-4°.

Rendiconti del Circolo matematico di Palermo, Direttore: G.-B. Guccia; fasc. I, II, luglio-ottobre. Palerme; 2 fasc. in-8°.

Acta et Commentationes Imp. Universitatis Jurievensis (olim Dorpatensis); 1911, nos 1-12. Juriev, 1911; 12 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 23 septembre 1912.)

Note de MM. *F. Briner* et *E.-L. Durand*, Conditions de formation des acides nitreux et nitrique à partir des oxydes d'azote et de l'eau; application de la loi d'action des masses :

Page 585, ligne 9, *au lieu de* SO^3, *lire* SO^2.

(Séance du 14 octobre 1912.)

Note de MM. *André Meyer et Georges Schaeffer*, Composition chimique du sang et hémolyse :

Page 731, ligne 5, *au lieu de* qui est l'inverse de la teneur, *lire* qui est proportionnel à la teneur.